ISSN 0130-0830









Выпуск 74

СПОРТИВНАЯ АППАРАТУРА

ТРАНСИВЕР С ЦИФРОВОЙ ШКАЛОЙ ДЛ-79

Я. Лаповок (UA1FA)

Предлагаемый читателям сборника трансивер относится к категории устройств повышенной сложности. Рекомендуется для повторения радиолюбителям, имеющим достаточный опыт конструирования подобных устройств.

Структурная схема трансивера ДЛ-79 была разработана автором совместно с Георгием Николаевичем Джунковским (UA1AB) в начале 70-х годов *. Существовавшая в то время элементная база позволяла реализовать цифровую шкалу с использованием столь большого числа интегральных микросхем и транзисторов, что она, являясь вспомогательным устройством, по своей

---

* Г. Н. Джунковским совместно с автором были разработаны и изготовлены трансиверы: ДЛ-66 (описан в «Радио» № 5—7 за 1967 г.), ДЛ-68, ДЛ-69 (описан в сборнике «Лучшие конструкции 24-й выставки творчества радиолюбителей» — М., ДОСААФ, 1973), ДЛ-70 (описан в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. 57 — М., ДОСААФ, 1977), ДЛ-71, ДЛ-72, ДЛ-73, ДЛ-74, ДЛ-75 и ДЛ-76. Эти конструкции отмечены призами Ленинградских и Всесоюзных выставок творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ, с успехом повторены и эксплуатируются многими коротковолновиками.

сложности значительно превосходила остальные узлы трансивера.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает предназначенные для использования в аппаратуре широкого применения микросхемы повышенной степени интеграции серии К155, позволяющие создать трансивер с цифровой шкалой, трудоемкость изготовления которой ниже, чем у хорошей механической шкалы.

Основные технические характеристики трансивера

Режимы работы	CW, SSB
Диапазоны рабочих частот, МГц	3,5—3,65 7,0—7,1 14,0—14,35 21,0—21,45 28,0—29,0
Диапазон независимой настройки приемника (расстройка), кГц	±(3—5)
Уход частоты за 1 ч работы с момента включения, кГц, не более	100
Дискретность отсчета частоты, Гц	100
Чувствительность приемника, мкВ, не хуже . . .	0,5
Максимально допустимое напряжение сигнала на входе приемника в диапазоне рабочих частот, В	
при выключенном аттенюаторе	0,05
при включенном аттенюаторе	1,5
Полоса пропускания приемника, кГц, при работе	
телефоном	3
телеграфом	0,5
Выходная мощность приемника, мВт	250
Мощность передатчика, Вт,	
подводимая к выходному каскаду	100
выходная, не менее	50

Принципиальные схемы отдельных блоков трансивера приведены на рис. 1—4*, а схема их соединений — на рис. 5.

Вначале — о переводе трансивера из одного режима работы в другой. Переключение трансивера с приема на передачу осуществляется срабатыванием реле *К1* (см. рис. 5). Это реле имеет 4 группы контактов на переключение: *К1.1* при переходе на передачу снимает независимое отклонение частоты приемника, установленное ручкой *«Расст.»; К1.2* переключает напряжение +10 В

* На принципиальных схемах блоков и рисунках печатных плат в позиционных обозначениях элементов номер блока не указан.

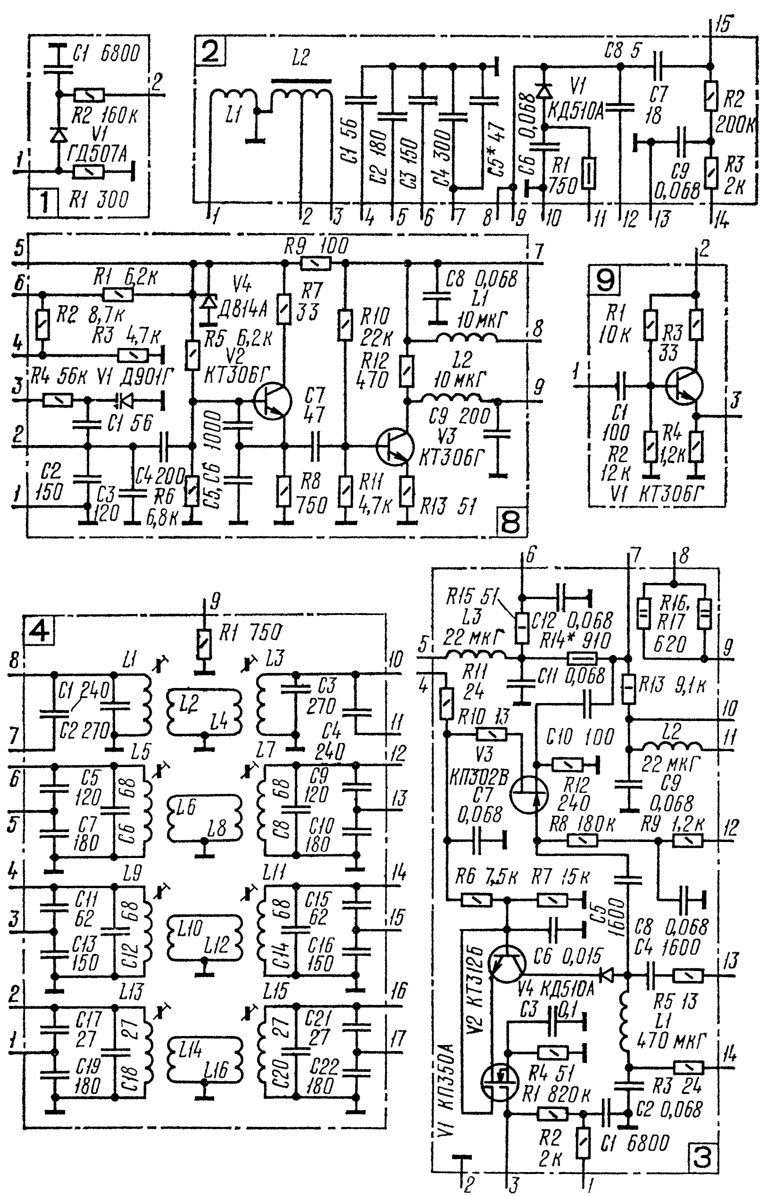
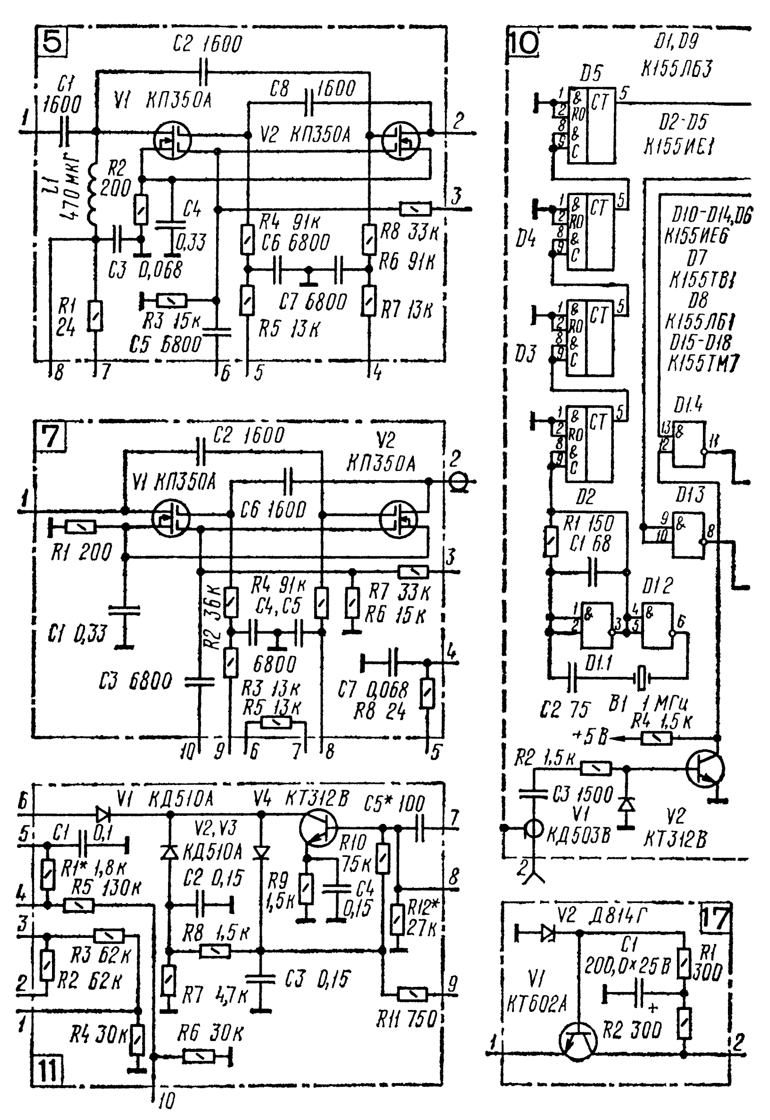


Рис 1. Принципиальная схема блоков *1—4, 8, 9* трансивера



Р и с. 2. Принципиальная схема блоков *5, 7, 10—12, 16* трансивера

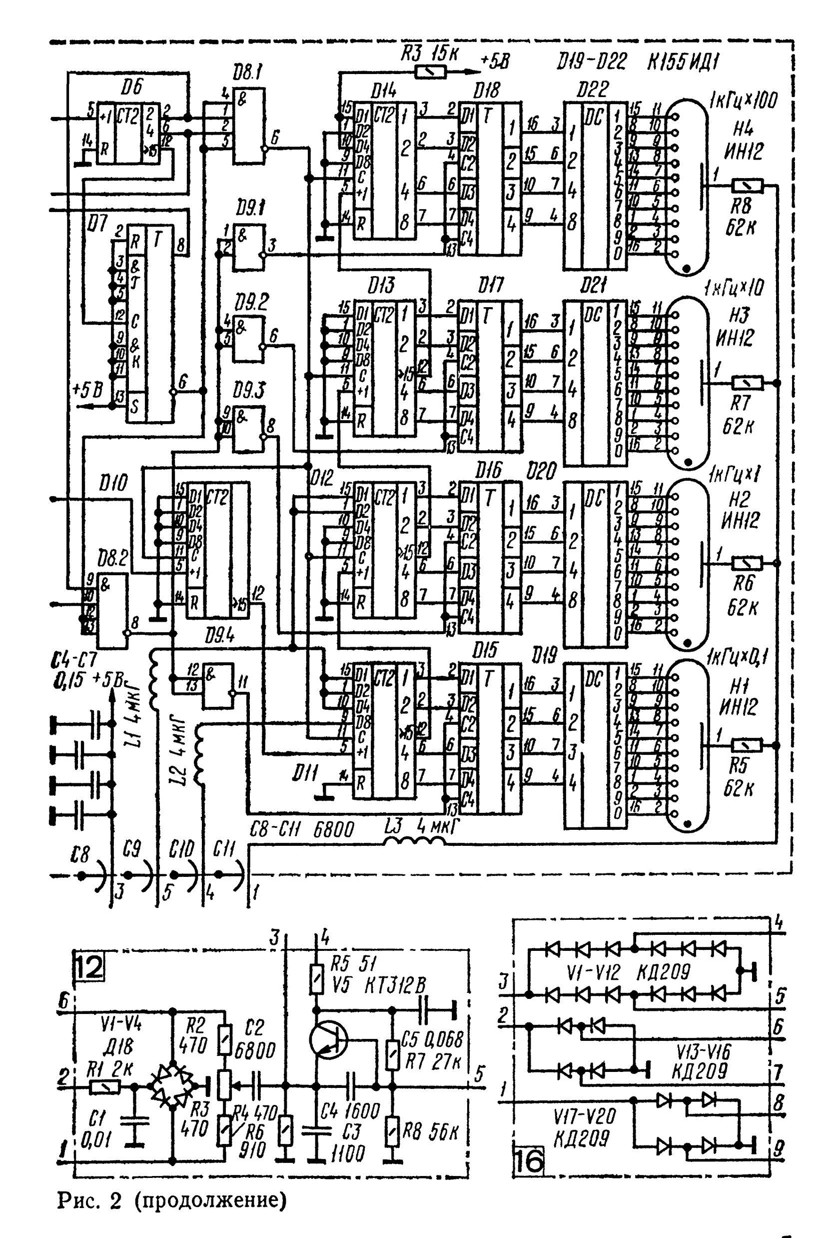
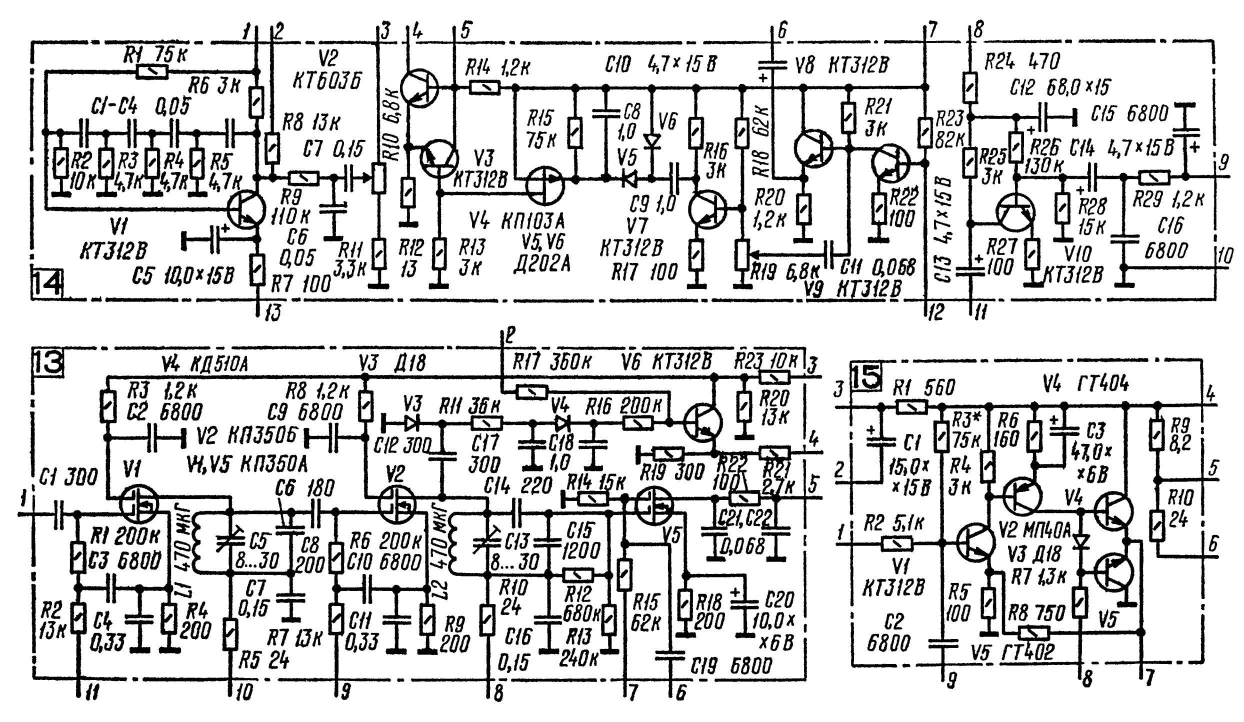


Рис. 2 (продолжение)



Р и с. 3. Принципиальная схема блоков *13—15* трансивера

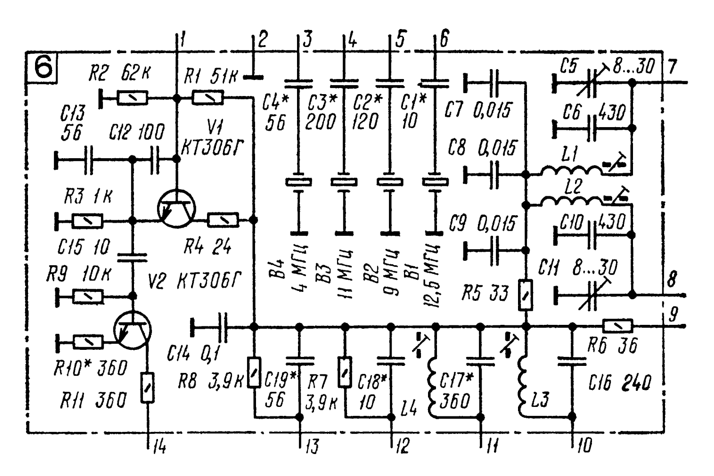
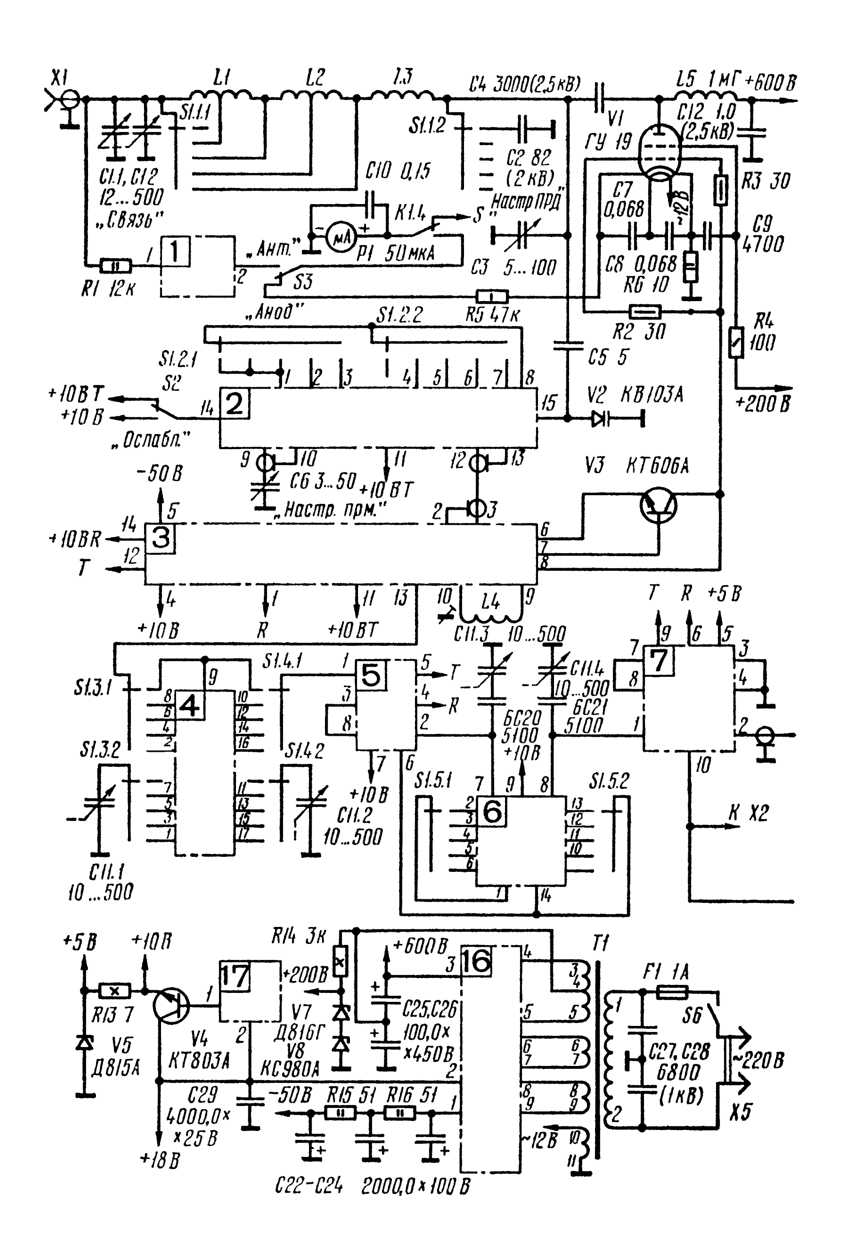


Рис. 4. Принципиальная схема блока *6* трансивера

с каскадов, работающих только при приеме (питаются напряжением +10 В *R*), на каскады, работающие только при передаче (напряжение +10 В *T*), и одновременно подает в точки *R* и *T* при приеме напряжение положительного смещения и закрывающее напряжение, а при передаче — закрывающее напряжение и напряжение положительного смещения; *K1.3* в режиме приема замыкает накоротко вход усилителя частоты 500 кГц тракта передачи, а при передаче замыкает на корпус гнездо *4* разъема *X7*, предназначенное для управления усилителем мощности, который может быть подключен к трансиверу; *K1.4* переключает измерительный прибор с измерения силы сигнала при приеме на измерение анодного тока лампы усилителя мощности (*S3* в положении «Анод») или напряжения на выходе (*S3* в положении «Ант.») при передаче.

Реле *K1* срабатывает при переводе переключателя *S7* в положение *«ПРД»* или, при установке *S8* в положение *«Автом.»*, от системы VOX. Кроме того, предусмотрен перевод трансивера в режим передачи с помощью педали, замыкающей на корпус гнездо *5* разъема *X7*.

В режиме приема сигнал с разъема *X1*, к которому подключается антенна, через П-контур, образованный элементами *C1, L1, L2, L3, C3,* подступает на делитель *C5V2*. Если переключатель находится в указанном на



X1
L1
L2
L3
C4 3000(2,5 кВ)
L5 1 мГ +600 В
S1.1.1
S1.1.2
V1
ГУ 19
C12 1,0
(2,5 кВ)
C2 82
(2 кВ)
„Настр ПРД"
R3 30
C1.1, C1.2
12...500
„Связь"
C10 0,15
C7
0,068
~12 В
K1.4
S
C9
4700
„Ант."
P1 50 мкА
C3 5...100
C8 0,068
RG 10
R1 12 к
S3
R5 47 к
„Анод"
S1.2.2
R2 30
R4
100
S1.2.1
S2
C5 5
+10 В Т
+10 В
V2 КВ103А
+200 В
„Ослабл."
C6 3...50
+10 В Т
„Настр. прм."
V3 КТ606А
-50 В
+10 В R
T
+10 В
R
+10 В Т
L4
T R +5 В
C11.3 10...500
S1.3.1
S1.4.1
C11.4
10...500
6C21
5100
6C20
5100
+10 В
S1.3.2
S1.4.2
+10 В
C11.2
10...500
S1.5.1
S1.5.2
К Х2
C11.1
10...500
+5 В
+10 R
R14 3к
+600 В
T1
F1 1А
+200 В
R13 7
V5
Д815А
V4
КТ803А
V7
Д816Г
V8
КС980А
C25, C26
100,0×
×450 В
S6
C27, C28
6800
(1кВ)
~220 В
X5
C29
4000,0×
×25 В
+18 В
-50 В
R15 51
R16 51
~12 В
C22–C24 2000,0×100 В

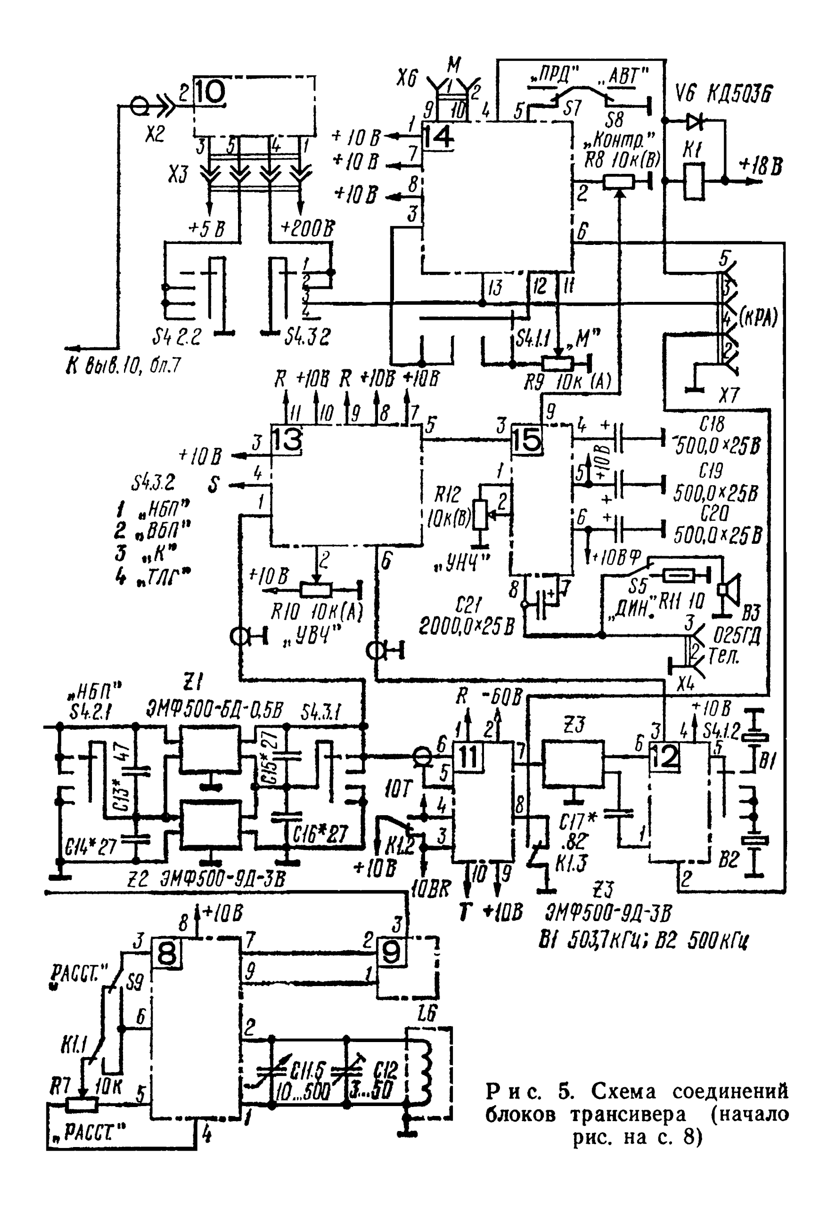


Рис. 5. Схема соединений блоков трансивера (начало рис. на с. 8)

схеме положении, то на варикап *V2* подается (через элементы *3L3* *, *3R14, 3R13, 3L2, 2R3* и *2R2*) напряжение —50 В, и его емкость не превышает 2—3 пФ. В этом случае на вывод *15* платы *2* поступает примерно 50% напряжения с П-контура. Если же переключатель *S2* находится в положении *«Ослабл.»*, то на *V2* подается напряжение +10 В, варикап открывается, и делитель *C5V2* ослабляет сигнал на 25—35 дБ.

На плате *2* размещены детали узкополосного контура преселектора. Добротность этого контура, слабо связанного с нагруженным антенной П-контуром и практически не шунтируемого входным сопротивлением усилителя ВЧ приемника, около 300, так что полоса пропускания, например на диапазоне 80 м, около 10 кГц. Узкополосный контур преселектора перестраивают конденсатором переменной емкости *С6 «Настр. ПРМ»*. Эту регулировку можно использовать для плавного ослабления сигнала на входе высокочастотного усилителя. Достоинством такого «аттенюатора» является возможность ослабить помеху, лежащую вблизи частоты принимаемого сигнала, в большей степени, чем сам сигнал.

Диод *2V1* при приеме закрыт напряжением —50 В и не шунтирует узкополосный контур преселектора.

Высокочастотный усилитель приемника собран по каскодной схеме «общий исток — общая база» на транзисторах *3V1* и *3V2*. Диод *3V4* при приеме открыт и подключает выход усилителя ВЧ к полосовому фильтру, перестраиваемому в диапазоне рабочих частот трансивера конденсаторами *C11.1* и *C11.2* блока конденсаторов переменной емкости.

Усилитель ВЧ, построенный по приведенной схеме, обладает большим входным сопротивлением, обеспечивающим узкополосность контура, включенного перед входом усилителя ВЧ; большим устойчивым коэффициентом усиления, обусловленным низким входным сопротивлением транзистора *3V3*; высокой линейностью амплитудной характеристики, обеспечивающей хорошие динамические характеристики приемника; высоким выходным сопротивлением, что обеспечивает узкополосность полосового фильтра, на который нагружен усилитель ВЧ.

---

* Первые цифры в позиционных обозначениях элементов указывают номер блока, например, *3L3*: катушка *L3* расположена в блоке *3* (рис. 1).

С выхода полосового фильтра сигнал поступает на второй затвор транзистора *5V2*, являющегося смесителем первого преобразователя частоты приемника. Напряжение гетеродина подается на первый затвор этого транзистора. Такое использование двухзатворного полевого транзистора в смесителе обеспечивает несколько лучшую линейность его амплитудной характеристики по сравнению с вариантом подачи сигнала на первый, а гетеродинного напряжения — на второй затвор.

На диапазоне 80 м напряжение гетеродина на транзистор *5V2* не подается, и он работает как второй каскад усилителя ВЧ. Общее усиление приемника на этом диапазоне сохраняется равным усилению на остальных диапазонах, так как нагрузкой первого каскада высокочастотного усилителя диапазона 80 м является низкоомный резистор *4R1*.

Гетеродин собран на транзисторах *6V1, 6V2*. Его частота стабилизирована кварцевыми резонаторами. Каскад на транзисторе *6V2* играет роль буфера. На диапазонах 40 и 20 м он выполняет функции усилителя, а на диапазонах 15 и 10 м — удвоителя частоты.

В цепь стока транзистора *5V2* включен полосовой фильтр, перестраиваемый в диапазоне частот 3—4 МГц конденсаторами переменной емкости *C11.3* и *C11.4*. С выхода полосового фильтра диапазона 2—3 МГц сигнал поступает на второй затвор транзистора *7V2*, являющегося смесителем второго преобразователя частоты приемника. Этот смеситель собран по схеме, идентичной смесителю первого преобразователя.

Напряжение гетеродина на первый затвор транзистора *7V2* подается с ГПД через эмиттерный повторитель на транзисторе *9V1*.

ГПД — двухкаскадный: на транзисторе *8V2* собран генератор с параметрической стабилизацией частоты, а на транзисторе *8V3* — буферный усилитель. Конденсатором переменной емкости *C11.5* генератор перестраивается в интервале 2,5—3,5 МГц. Стабильность частоты ГПД обеспечивается выполнением катушки *L6* с учетом требований высокой стабильности ее индуктивности при малом по значению и положительном по знаку ТКИ и использованием в контуре конденсаторов *C11.5, C12, 8C2—8C6*, эквивалентная емкость которых имеет отри-

цательный температурный коэффициент, по абсолютному значению близкий к температурному коэффициенту катушки *L6*.

Варикап *8V1* в положении переключателя *S9* *«Расстр.»* изменяет свою емкость при перемещении движка переменного резистора *R7*, влияя на частоту ГПД в пределах ±3 кГц при максимальной емкости конденсатора *C11.5* и в пределах ±5 кГц при минимальной его емкости. Включение элементов *8R12, 8L2* и *8C9* в коллекторную цепь транзистора *8V3* обеспечивает постоянство напряжения на выводе *9* платы *8* во всем диапазоне перестройки ГПД. Двухкаскадный гетеродин и эмиттерный повторитель способствуют независимости частоты ГПД от работы смесителей платы *7* и цифровой шкалы, являющихся его нагрузкой.

В цепь стока транзистора *7V2* при работе телеграфом включается ЭМФ с полосой пропускания 500 Гц, а при работе телефоном — с полосой 3 кГц. Чтобы сигнал не проходил через межконтактные емкости переключателя *S4*, коммутация производится закорачиванием входа и выхода используемого фильтра.

С ЭМФ сигнал поступает на усилитель ПЧ, собранный на транзисторах *13V1* и *13V2*. Выходной контур усилителя нагружен на смесительный детектор (транзистор *13V5*) и детектор АРУ (диод *13V3*).

Напряжение с выхода детектора АРУ поступает на усилитель постоянного тока, собранный на транзисторе *13V6*, через диод *13V4*, после которого включен конденсатор *13C18* большой емкости. Постоянная времени заряда этого конденсатора определяется внутренним сопротивлением детектора АРУ, резистором *13R11* и прямым сопротивлением диода *13V4*. Она значительно меньше постоянной времени разряда этого конденсатора, который происходит через резистор *13R16* и сопротивление эмиттерного перехода транзистора *13V6*. Это обеспечивает быстрое срабатывание АРУ при появлении сигнала и сохранение уменьшенного этой системой усиления приемника в паузах между пиками принимаемого однополосного и посылками телеграфного сигнала. При отсутствии сигнала нет и напряжения на выходе детектора АРУ и, если движок *R10* соединен с корпусом (регулятор *«УВЧ»* в положении максимума усиления), транзистор *13V6* закрыт. Включенный в его эмиттерную цепь

S-метр показывает «0», напряжение на вторых затворах транзисторов *13V1* и *13V2* определяется делителем, образованным резисторами *13R23—13R20*, и усиление УПЧ максимально. При появлении сигнала и, соответственно, напряжения АРУ транзистор *13V6* открывается, отклоняется стрелка S-метра, снижается напряжение на коллекторе *13V6*, а значит и усиление УПЧ. Если движок резистора *R10* не соединен с корпусом, стрелка индикатора S-метра отклоняется от нулевого деления и при отсутствии сигнала. При этом напряжение на базе транзистора *13V6* является напряжением задержки АРУ, так что при уменьшении усиления регулятором *«УВЧ»* АРУ выключается для сигналов, сила которых ниже значения, соответствующего установленным показаниям S-метра. Для бóльших по силе сигналов АРУ начнет работать, и показания S-метра будут соответствовать их силе.

С выхода смесительного детектора (транзистор *13V5*) сигнал через регулятор *«УНЧ»* поступает на трехкаскадный усилитель низкой частоты, собранный на транзисторах *15V1, 15V2, 15V4* и *15V5*. Падение напряжения на прямом сопротивлении диода *15V3* определяет ток покоя выходных транзисторов усилителя — *15V4* и *15V5*. Нагрузкой низкочастотного усилителя в положении переключателя *S5 «Дин.»* служит встроенная в трансивер динамическая головка, параллельно которой могут быть включены головные телефоны (низкоомные). При отключении динамической головки усилитель нагружается на резистор *R11*.

Для исключения влияния бросков тока потребления выходного каскада усилителя НЧ при громких звуках на работу остальных элементов трансивера, усилитель НЧ питается через отдельную ячейку фильтра — *15R9C18*. Другая ячейка фильтра — *15R10C20* устраняет пульсации напряжения питания ГПД.

В режиме передачи при работе телефоном сигнал с микрофона поступает на входной каскад усилителя НЧ, собранный на транзисторе *14V10*, а затем через регулятор уровня модулирующего сигнала *R9* и секцию переключателя рода работы *S4.1.1* — на базу транзистора *14V9*. При работе телеграфом на базу *14V9* подается напряжение с манипулируемого генератора низкой частоты, собранного на транзисторе *14V1*. Цепь питания этого транзистора замыкается через фильтр *14R7, 14C5*

ключом, подключаемым к гнезду *3* разъема *X7* или секцией *S4.3.2* при установке переключателя *S4* в положение *«К»* (ключ нажат). Так как сопротивление резистора *14R7* меньше внутреннего сопротивления генератора на *14V1*, фронт нарастания сигнала телеграфной посылки (его крутизна определяется скоростью разряда конденсатора *14C5* через резистор *14R7*) более крутой, чем спад (определяется скоростью заряда конденсатора *14C5* через внутреннее сопротивление транзистора *14V1*). Такая форма телеграфной посылки является оптимальной для обеспечения разборчивости телеграфного сигнала при приеме на слух.

Сигнал НЧ с коллектора транзистора *14V9* поступает на систему VOX, осуществляющую автоматическое переключение трансивера на передачу при начале разговора перед микрофоном или при нажатии на ключ, и на транзистор *14V8*, включенный по схеме эмиттерного повторителя.

Система VOX выполнена на транзисторах *14V7, 14V4, 14V3* и *14V2*. Она работает при установке переключателя *S8* в положение *«Авт.»*. На транзисторе *14V7* собран усилитель-ограничитель НЧ сигнала. Нагрузкой этого каскада является двухполупериодный детектор, собранный по схеме удвоения напряжения на диодах *14V5, 14V6* и конденсаторах *14C8, 14C9*. При отсутствии на входе VOX сигналов напряжение на конденсаторе *14C8* отсутствует, транзистор *14V4* открыт, протекающий через него ток создает положительное напряжение на базе *14V3*, и этот транзистор находится в режиме насыщения. Транзистор *14V2* закрыт, и если педаль не нажата, ток через обмотку реле *K1* не проходит. При появлении сигнала на входе VOX на затворе транзистора *14V4* появляется положительное по отношению к истоку напряжение и он закрывается. Постоянная времени входной цепи транзистора *14V4* выбрана такой, чтобы в паузах между звуками разговора перед микрофоном и в паузах между телеграфными посылками транзистор *14V4* оставался закрытым. При этом напряжение на базе транзистора *14V3* пропадает и он закрывается, а *14V2* открывается, что приводит к срабатыванию реле *K1*. Процесс открывания транзистора *14V2* происходит лавинообразно, так как одновременно с нарастанием напряжения на его базе снимается положительное напряжение на его

эмиттере, обусловленное протеканием эмиттерного тока транзистора *14V3* через резистор *14R12*.

Когда система VOX отключена, трансивер переводят на передачу переключателем *S7*, устанавливая его в положение *«ПРД»* (во втором положении переключателя *S7* база *14V2* соединена с корпусом, и VOX не может перевести трансивер в режим передачи).

С выхода эмиттерного повторителя *(14V8)* напряжение низкой частоты поступает на балансный модулятор, собранный по кольцевой схеме на диодах *12V1—12V4*. Опорное напряжение на модулятор подается с генератора, собранного на транзисторе *12V5*. Частота опорного напряжения определяется кварцевыми резонаторами *B1* и *B2*, которые переключаются секцией *S4.1.2* переключателя *S4*. При работе телефоном с верхней боковой полосой, телеграфом (*S4* в положениях *«ВБП»* и *«ТЛГ»*), а также при установке *S4* в положение *«К»* частота опорного напряжения равна 500 кГц. При работе телефоном с нижней боковой полосой (*S4* в положении *«НБП»*) генератор вырабатывает частоту 503,7 кГц.

Балансный модулятор нагружен на ЭМФ *Z3*, пропускающий частоты от 500,3 до 503,4 кГц. В положениях *S4 «ВБП», «К»* и *«ТЛГ»* на выходе *Z3* выделяется верхняя боковая полоса модуляции, а в положении *«НБП»* — нижняя.

Сигнал с выхода фильтра *Z3* поступает на усилитель-ограничитель, собранный на транзисторе *11V4* и диодах *11V2* и *11V3*. Если амплитуда переменного напряжения на коллекторе транзистора *11V4* превышает 1,6 В, происходит «плавное» и симметричное ограничение усиленного этим транзистором однополосного сигнала. Уровень ограничения можно регулировать уровнем модулирующего сигнала — ручкой «М». Ограниченный сигнал проходит через *Z1* или *Z2*, так что ширина его спектра сужается при работе телефоном до 3 кГц, а при работе телеграфом — до 500 Гц *.

---

* Идентичная схема ограничения и фильтрации однополосного сигнала была применена в трансиверах ДЛ-70, ДЛ-74 и приставке к базовому приемнику КВ радиостанции, описанной в «Радио» № 8 за 1978 г. Эксплуатация показала, что при сжатии динамического диапазона однополосного сигнала на 15—20 дБ качество сигнала сохраняется, а его слышимость на фоне помех возрастает на 2—3 балла.

Полосы пропускания фильтров *Z2* и *Z3* совпадают, а для *Z1* полоса составляет 500,3—500,8 кГц. Частота звукового генератора, используемого для формирования телеграфного сигнала, равна 800 Гц, так что на вывод *2* платы *7* поступает телеграфный сигнал с опорной частотой 500,8 кГц. Кроме того, в спектре этого сигнала присутствуют составляющие с частотами 501,6 и 502,4 кГц, но они «вырезаются» фильтром *Z1*. Таким образом, на выходе *Z1* формируется чисто синусоидальный сигнал (два ЭМФ — *Z3* и *Z1* обеспечивают подавление несущей частоты более чем на 60 дБ). Контроль телеграфного сигнала трансивера приемником, работающим в режиме АМ, признаков «тонального» сигнала не обнаруживает.

С вывода *2* платы *7* сформированный сигнал поступает на второй затвор транзистора *7V1*, являющегося смесителем первого преобразователя частоты передатчика. Перестраиваемый фильтр, включенный в стоковую цепь этого транзистора, выделяет частоты в диапазоне 3—4 МГц. Затем они преобразуются вторым преобразователем передатчика, в котором смеситель выполнен на транзисторе *5V1*, в рабочие частоты трансивера.

Сигнал на рабочей частоте трансивера поступает на вывод *13* платы *3*. При передаче диод *3V4* закрыт, а транзистор *3V3* открыт. Этот транзистор включен по схеме истокового повторителя и согласовывает выходное сопротивление перестраиваемых фильтров платы *4* с низким входным сопротивлением предварительного усилителя, собранного на транзисторе *V3*. При приеме как на эмиттере, так и на базе транзистора *V3* напряжение равно —50 В, и он закрыт. При передаче напряжение на выводе *11* платы *3* становится равным +10 В и через *V3* течет ток, который зависит от сопротивления резисторов *3R13—3R15*. Последний резистор включен в цепь эмиттера транзистора *V3* и стабилизирует его режим по постоянному току. Предварительный усилитель *(V3)* работает в режиме класса А, и постоянная составляющая тока через транзистор *V3* при передаче не меняется. Она обеспечивает на коллекторе *V3* и соединенных с ним сетках лампы усилителя мощности, отрицательное напряжение около —25 В. При этом ток покоя *V1* лежит в интервале 40—50 мА. (Когда при приеме транзистор *V3* закрывается, напряжение на его коллекторе

становится равным —50 В, и лампа *V1* также закрывается).

Нагрузкой предварительного усилителя служат резисторы *3R17, 3R16* и катушка *L4*. Эта катушка с емкостью включенных параллельно коллекторного перехода *V3* и участка сетка-катод лампы *V1* образуют контур, настроенный на частоту 28,5 МГц, что обеспечивает сохранение постоянства коэффициента усиления предварительного усилителя в диапазоне 3,5—29 МГц.

Усилитель мощности (на *V1*) работает в режиме класса AB_2, т. е. с заходом в область сеточных токов. Низкое сопротивление сеточной цепи лампы *V1*, обусловленное гальваническим соединением сеток *V1* с коллектором *V3*, обеспечивает независимость напряжения отрицательного смещения на сетке *V1* от сеточного тока, что позволяет сохранить линейность усилителя мощности при его работе с максимальным значением постоянной составляющей анодного тока до 170—200 мА.

Нагрузкой анодной цепи лампы *V1* является П-контур, обеспечивающий согласование с антенной. Малогабаритный конденсатор настройки этого контура *C3* имеет максимальную емкость 100 пФ, что не обеспечивает получение добротности нагруженного антенной П-контура, близкой к 10 на диапазоне 80 м. Поэтому на этом диапазоне параллельно *C3* подключается высоковольтный конденсатор *C2*.

При передаче аттенюатор, образованный конденсатором *C5* и варикапом *V2*, включен, что ослабляет сигнал, поступающий на вывод *15* платы *2*. Кроме того, диод *2V1* при передаче открыт, причем через него протекает постоянный ток около 15 мА, при котором динамическое сопротивление этого диода измеряется десятками ом. Это низкое сопротивление шунтирует контур на входе усилителя ВЧ приемника, так что напряжение сигнала передатчика на контуре не превышает единиц микровольт.

Работа цифровой шкалы основана на измерении частоты ГПД. Прибавляя к этой частоте частоту формирования сигнала, шкала индицирует число сотен, десятков, единиц килогерц, сотен герц через частоты настройки трансивера в диапазоне 3—4 МГц. Фиксированное для каждого диапазона число мегагерц считывается со шкалы переключателя диапазона.

Цифровая шкала состоит из формирователей временных интервалов (микросхемы *10D1—10D9*, кроме элемента *10D1.4*) и подсчитываемых импульсов (транзистор *10V2* и элемент *10D1.4*) и счетчика с газоразрядными индикаторами, собранного на остальных элементах платы *10*.

Работа цифровой шкалы поясняется диаграммами на рис. 6.

На элементах *10D1.1* и *10D1.2* собран генератор прямоугольных импульсов. Их частота следования стабилизирована кварцевым резонатором *10B1*, включенным в цепь обратной связи. С генератора сигнал поступает на делитель частоты на 1000 (микросхемы *10D2—10D5*). Напряжение на выходе *10D5* (U_1) представляет собой последовательность коротких отрицательных импульсов (длительностью 1 мкс) с интервалом между ними 10 мс. Это напряжение подается на суммирующий вход (вывод *5*) реверсивного двоично-десятичного счетчика *10D6*. Напряжения на выводах *3, 2, 6* и *7* этого счетчика пред-

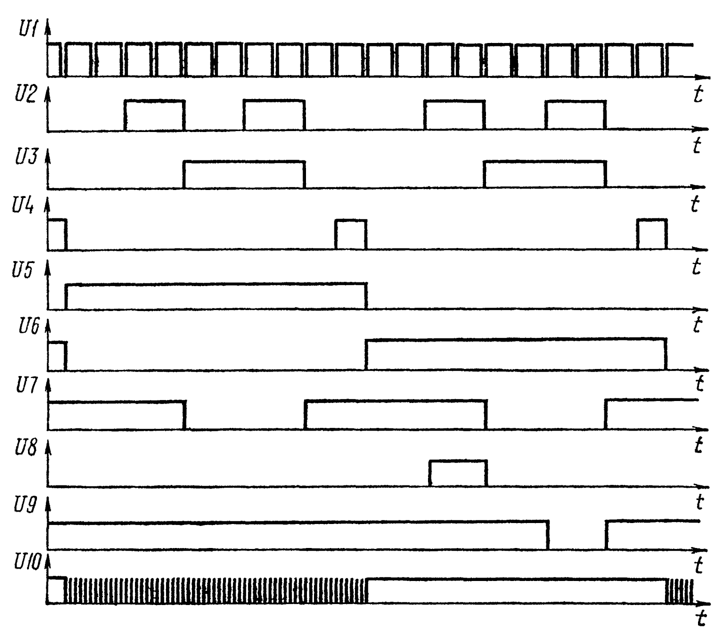


Рис. 6. Временная диаграмма работы цифровой шкалы

ставляют собой код двоично-десятичного значения числа подсчитанных импульсов (соответственно 2^0, 2^1, 2^2 и 2^3, т. е. 1, 2, 4, 8), а на выводе *12* появляется положительный импульс после подсчета 10 импульсов, поступивших на вывод *5*. В данном случае используются напряжения на выводах *2* (U_2), *6* (U_3) *и 12* (U_4). Последнее подается на счетный вход триггера *10D7*, на выводе *8* которого формируется положительный импульс U_5 длительностью 100 мс, определяющий временной интервал счета импульсов, следующих с измеряемой частотой. Напряжение с вывода *6*(U_6) используется для формирования импульсов U_8, по которым производится запись результатов подсчета импульсов в *D*-триггеры, и импульсов U_9, которые переводят счетчики в нулевое состояние. Напряжение U_3 проходит через инвертор *10D1.3*, на выходе которого формируется напряжение U_7. При наличии отрицательных напряжений на всех входах *10D8.2* на ее выходе появляется импульс. Он поступает на входы четырех инверторов *10D9*, на выходах которых формируется напряжение U_8 (в данном случае учитывается нагрузочная способность инверторов: один инвертор примененной микросхемы не может нагружаться более чем на одну микросхему с *D*-триггерами). U_2, U_3 и U_6 подаются на входы микросхемы *10D8.1*, на выходе которой, при одновременном воздействии положительных напряжений на входах, формируется отрицательный импульс U_9.

Данная схема формирования временных интервалов вырабатывает импульсы записи в *D*-триггеры и установки счетчиков в 0, разделенные временным интервалом и не совпадающие с границами временного интервала счета импульсов, что гарантирует устойчивую работу цифровой шкалы.

Диод *10V1* и транзистор *10V2* формируют из синусоидального напряжения, поступающего с ГПД, последовательность прямоугольных импульсов, частота повторения которых равна частоте ГПД. Эти импульсы и напряжение U_5 подаются на входы микросхемы *10D1.4*, напряжение на выходе которой U_{10} становится отрицательным при одновременном воздействии положительных напряжений на все ее входы. Так как длительность положительного импульса U_5 равна 0,1 с, число импульсов в пачке U_{10} составляет 0,1 значения частоты ГПД.

Пачка импульсов U_{10} подается на вход цепочки из пяти последовательно включенных двоично-десятичных счетчиков *10D10—10D14*, которые с момента окончания отрицательного импульса U_9 производят подсчет числа импульсов U_{10}. К концу пачки U_{10} на выводах, представляющих результаты счета, будут двоично-десятичные значения: на *10D14* — числа сотен килогерц, на *10D13* — десятков килогерц, на *10D12* — единиц килогерц, на *10D11* — сотен герц, на *10D10* — десятков герц. Значения числа импульсов, подсчитанных *10D10* в каждый цикл измерения частоты, могут отличаться на ± 1 от этого числа в предыдущем цикле, поэтому результат, полученный первым в цепочке счетчиком, на индикатор не выводится.

Примененные в цепочке счетчиков микросхемы К155ИЕ6 позволяют выполнить сложение частоты ГПД с частотой, на которой формируется сигнал (именно из-за возможности предварительной установки в цифровой шкале взяты эти микросхемы — реверсивные двоично-десятичные счетчики. Способность обратного счета в трансивере не используется). Предварительная установка числа, с которого начинается счет поступающих на вход импульсов, в микросхемах К155ИЕ6 производится подачей двоично-десятичного кода на выводы *15, 1, 10* и *9* (соответственно *1, 2, 4* и *8*). Для начала счета с установленного числа с вывода *11* микросхемы необходимо снять отрицательное напряжение (К155ИЕ6 предусматривает и начало счета по снятию положительного импульса с вывода *14*, однако при этом счет начинается с 0 вне зависимости от напряжений, поданных на выводы *15, 1, 10* и *9*). На выводы *15* и *10* микросхемы *10D14* положительное напряжение подано постоянно, поэтому этот элемент начинает счет числа сотен килогерц с числа 5 (1 + 4). Число десятков килогерц счетчик *10D13* отсчитывает с нуля (все выводы предварительной установки соединены с корпусом). Выводы *15* и *1 10D12* и выводы *15, 1* и *1010D11* секцией *S4.2.2* в положениях переключателя *S4 «ВБП», «К»* и *«ТЛГ»* соединены с корпусом, а в положении *«НБП»* отключаются от него (отключение вывода от корпуса эквивалентно подаче на него положительного потенциала). Поэтому в положении переключателя *S4 «НБП»* микросхема *10D12* начинает счет числа килогерц с цифры 3; *10D11* — счет числа со-

тен герц с цифры 7, т. е. в этом положении переключателя *S4* вся цепочка счетчиков прибавляет к числу подсчитанных импульсов 503,7 кГц — значение несущей частоты формирования сигнала с нижней боковой полосой. Вывод *9* микросхемы *10D11* отключается от корпуса секцией *S4.3.2* в положениях *S4 «К»* и *«ТЛГ»*, остальные выводы предварительной установки микросхем *10D11* и *10D12* в этом положении переключателя *S4* соединены с корпусом, так что к числу подсчитанных импульсов прибавляется 500,8 кГц — значение частоты формирования телеграфного сигнала.

В положении *S4 «ВБП»* все выводы предварительной установки *10D11* и *10D12* соединяются с корпусом, и к частоте ГПД прибавляется 500,0 кГц — значение несущей частоты формирования сигнала на верхней боковой полосе. Числа, соответствующие частоте, на которой работает трансивер, существуют на выходах *10D11—10D14* в течение периода, начинающегося с конца пачки импульсов U_{10} и заканчивающегося с приходом отрицательного импульса U_9. В течение этого периода появляется положительный импульс U_8, во время которого двоично-десятичные числа с выходов счетчиков записываются в четверке *D*-триггеров *10D15—10D18*. После снятия положительного напряжения U_8 выходные сигналы этих микросхем остаются неизменными до прихода следующего импульса записи, вне зависимости от напряжений, действующих на входах. Поэтому показания цифровой шкалы устойчиво отображают конечные результаты работы счетчиков.

Выходы четверок *D*-триггеров соединены с входами дешифраторов *10D19—10D22*. Каждый из них преобразует двоично-десятичный код поступающего на него числа в позиционный код десятичного значения: один из выходов дешифратора получает потенциал корпуса, и соединенный с ним катод газоразрядного индикатора оказывается под напряжением, достаточным для возникновения разряда.

При работе цифровой шкалы происходят быстрые изменения напряжений в различных ее точках, причем напряжения, поступающие на газоразрядные индикаторы, измеряются десятками вольт. Поэтому цифровая шкала может быть источником помех при работе трансивера в режиме приема. Для предотвращения этого явления вся

плата *10*, на которой собрана цифровая шкала, помещена в сплошной экран, надежно соединенный с корпусом трансивера. Напряжения +200 В и 5 В и линии управления предварительной установки счетчиков подводятся через проходные конденсаторы. В цепь +5 В включены конденсаторы большой емкости *10C4—10C7*. В цепи +200 В и предварительной установки счетчиков введены дроссели *10L1—10L3*. Принятые меры в сочетании с выбором точки надежного соединения экрана цифровой шкалы с корпусом трансивера позволили устранить влияние шумов цифровой шкалы на уровень собственных шумов приемника.

Трансивер питается от трех выпрямителей. Каких-либо особенностей они не имеют.

Детали и конструкция. В качестве блока переменных конденсаторов *C11* применен пятисекционный блок с червячным верньером с замедлением 1 : 100 от средневолнового радиокомпаса. Ротор этого блока установлен на шарикоподшипники. Статорные пластины укреплены на фарфоровых изоляторах. Зазор между пластинами в конденсаторе *C13* настройки П-контура около 0,7 мм. Двухсекционный блок конденсаторов регулировки связи П-контура с антенной *C1* от вещательно приемника, зазор между пластинами около 0,3 мм. Конденсатор настройки узкополосного контура преселектора приемника изготовлен из подстроечного конденсатора с воздушным диэлектриком и зазором между пластинами около 0,3 мм. Такой же конденсатор используется в качестве элемента установки частоты ГПД *C12*.

Ось верньера *C11* соединена с осью, на которой находится ручка настройки трансивера, с помощью гибкой муфты. Удлинители осей конденсаторов *C1, C3* и *C6* изготовлены из текстолитовых стержней диаметром 6 мм.

Данные катушек индуктивности трансивера приведены в таблице. В катушках *L4, 4L1, 4L3, 4L5, 4L7, 4L9, 4L11, 4L13, 4L15, 6L3, 6L4* используется сердечник СЦР-1, в *2L2* — 30ВЧ-2, в *6L1, 6L2* — СБ12а. Отвод у катушки *L1* сделан от 10-го витка, считая от вывода, соединенного с гнездом *X1.2*.

Катушку *L6* наматывают на керамическом каркасе с сильным натяжением, близким к предельно допустимому. Перед намоткой каркас покрывают слоем клея БФ-6. После намотки катушку *L6* высушивают при температуре

Таблица. Намоточные данные катушек

Катушка	Диаметр каркаса, мм	Длина намотки, м	Провод	Число витков
L1	25	26	ПЭВ-2 0,72	10+16
L2	20	14	ПЭВ-2 0,9	7+7
L3	20	14	ПЭВ-2 1,2	8
L4	9	8	ПЭШО 0,44	13
L6	20	16	ПЭВ-2 0,35	20
2L1	13	10	ПЭВ-2 1,5	5
2L2	—	—	ПЭВ-2 0,8	8+4
4L1, 4L3	9	6	ПЭШО 0,44	10
4L2, 4L4	—	2	ПЭШО 0,44	2
4L5, 4L7	9	4,5	ПЭШО 0,44	7
4L6, 4L8, 4L10, 4L12, 4L14, 4L16	—	0,5	ПЭШО 0,44	1
4L9, 4L11	9	4	ПЭШО 0,44	6
4L13, 4L15	9	3,5	ПЭШО 0,44	5
6L1, 6L2	—	—	ПЭШО 0,44	13
6L3, 6L4	9	2	ПЭШО 0,44	3

около +100° С в течение нескольких часов (до полной полимеризации клея). В трансивере катушку *L6* помещают в цилиндрический экран (диаметр основания 32, высота 40 мм).

Катушку *2L2* наматывают на ребристом полистироловом (можно применить керамический или фторопластовый) каркасе. Ее добротность на частотах 14—29 МГц должна быть 350—400.

Катушку *2L2* наматывают на тороидальном сердечнике с наружным диаметром 32, внутренним 16 и высотой 8 мм. Перед намоткой сердечник обматывают одним слоем лакоткани или фторопластовой пленки. Витки катушки *2L2* равномерно распределяются по окружности сердечника. Отвод выполнен от 8-го витка, считая от соединенного с корпусом вывода. Добротность всей катушки на частоте 3,5 МГц должна быть 350—400, ее бо́льшей части на частоте 7 МГц 400—500. Каркас *2L1* устанавливают внутри сердечника *2L2*, причем намотку *2L1* выполняют на выступающей из сердечника *2L2* части каркаса. Обе катушки помещены в общий экран (цилиндрический с диаметром основания 40 и высотой 45 мм).

Катушки *4L2, 4L4, 4L6, 4L8, 4L10, 4L12, 4L14, 4L16* намотаны соответственно на *4L1, 4L3, 4L5, 4L7, 4L9,*

4L11, 4L13, 4L15 со стороны выводов, соединенных с корпусом.

В трансформаторе питания используется сердечник из трансформаторного железа Ш25, толщина набора 60 мм. Первичная обмотка, предназначенная для включения в сеть 220 В, 50 Гц (выводы *1, 2*), содержит 660 витков провода ПЭВ-2 0,59. Обмотки выпрямителей на +600 и +300 В (выводы *3, 4, 5*) — 2 × 800 витков провода ПЭВ-2 0,29; на +18 В (выводы *6, 7*) — 47 витков провода ПЭВ-2 0,72; на —50 В (выводы *8, 9*) — 160 витков провода ПЭВ-2 0,29. Обмотка питания накала лампы *V1* (выводы *10, 11*) включает 41 виток провода ПЭВ-2 0,72. Изоляция между слоями обмоток — один слой лакоткани, между обмотками — два слоя.

Основные узлы трансивера выполнены на платах, чертежи которых приведены на рис. 7—11. Платы изготовлены из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5—2 мм. Все платы, кроме *10*, монтируют с использованием штырьков, к которым крепят выводы деталей. Проводники из фольги находятся снизу. На рисунке они заштрихованы.

На плате *10* (рис. 9) аналогичный монтаж используется только на ее части. Под каждым из выводов микросхем сверлят отверстия диаметром 1,5 мм. Затем выводы загибают под углом около 45°, тем самым фиксируя микросхемы на плате. Непоказанный на чертеже монтаж (соединения выводов между собой, с корпусом, источником питания и лепестками панелек с газоразрядными индикаторами) выполняют изолированным проводом сечением 0,06—0,1 мм, причем каждый проводник прокладывают по кратчайшему пути между соединяемыми точками. Полученный монтаж образует так называемую «путанку», которая размещается под платой *10* и защищается кожухом (зазор между платой и кожухом снизу около 5 мм).

Трансивер собран на шасси шириной 392, глубиной 300 и высотой 150 мм. Шасси изготовлено из сплава АМЦП (толщина листа 2 мм), передняя панель — из сплава Д16-Т (толщина листа 4 мм). Вид на трансивер в кожухе со стороны передней панели показан на рис. 12.

В центре заднего края шасси установлена стойка шириной 115 и высотой 115 мм, на которой находится радиатор с транзистором *V4* (он крепится на стойках

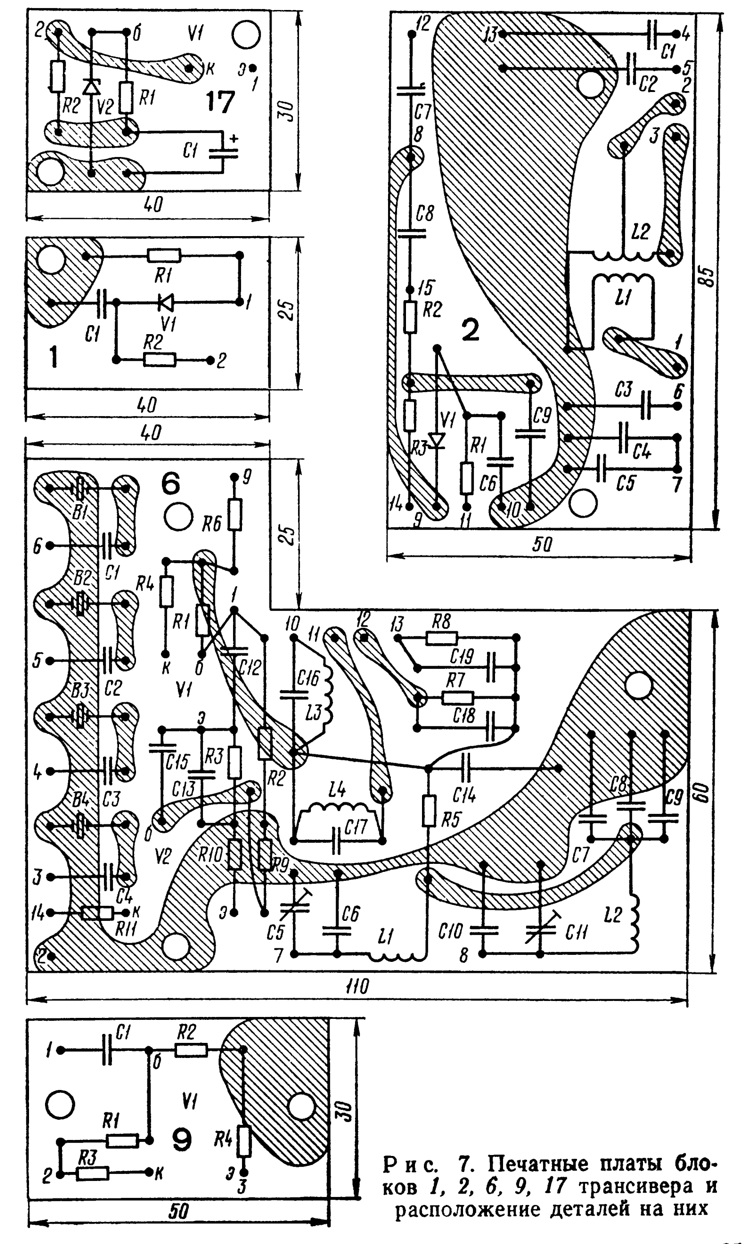


Рис. 7. Печатные платы блоков *1, 2, 6, 9, 17* трансивера и расположение деталей на них

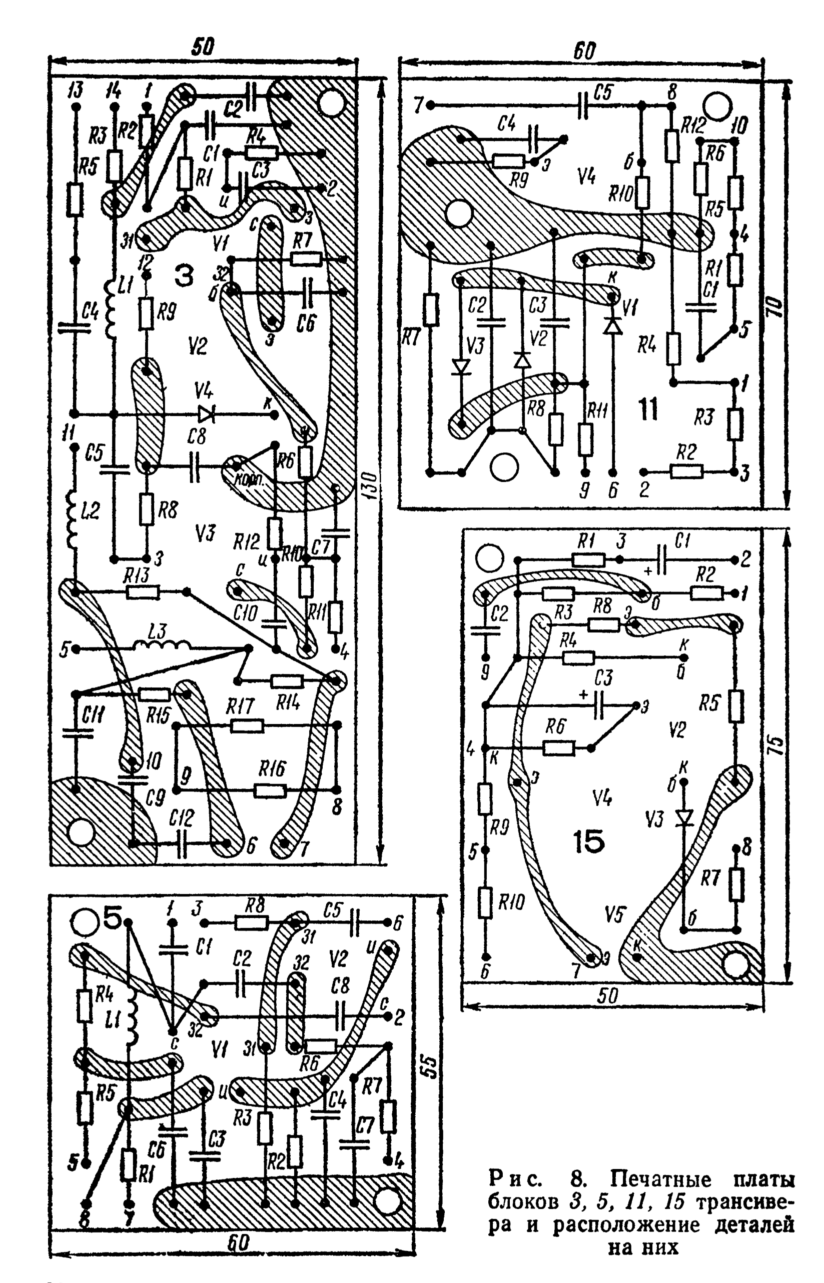


Рис. 8. Печатные платы блоков *3, 5, 11, 15* трансивера и расположение деталей на них

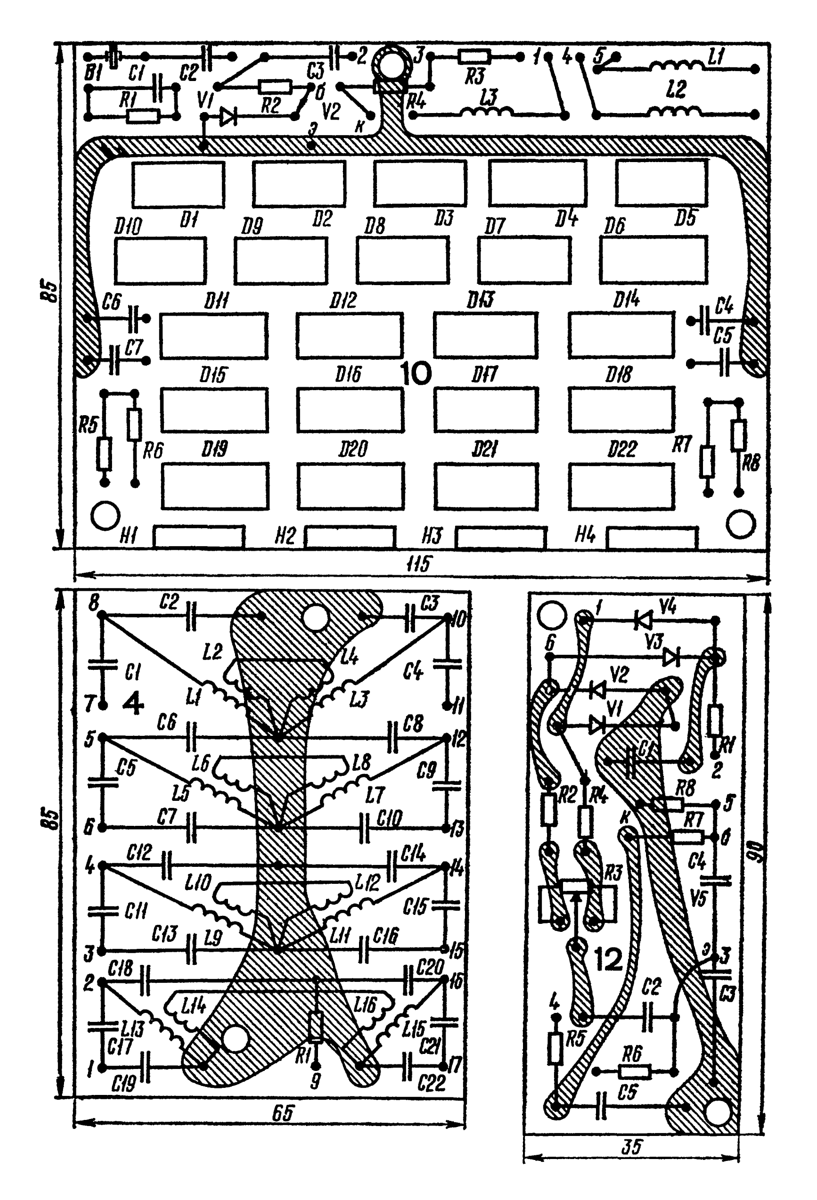


Рис. 9. Печатные платы блоков *4, 10, 12* трансивера и расположение деталей на них

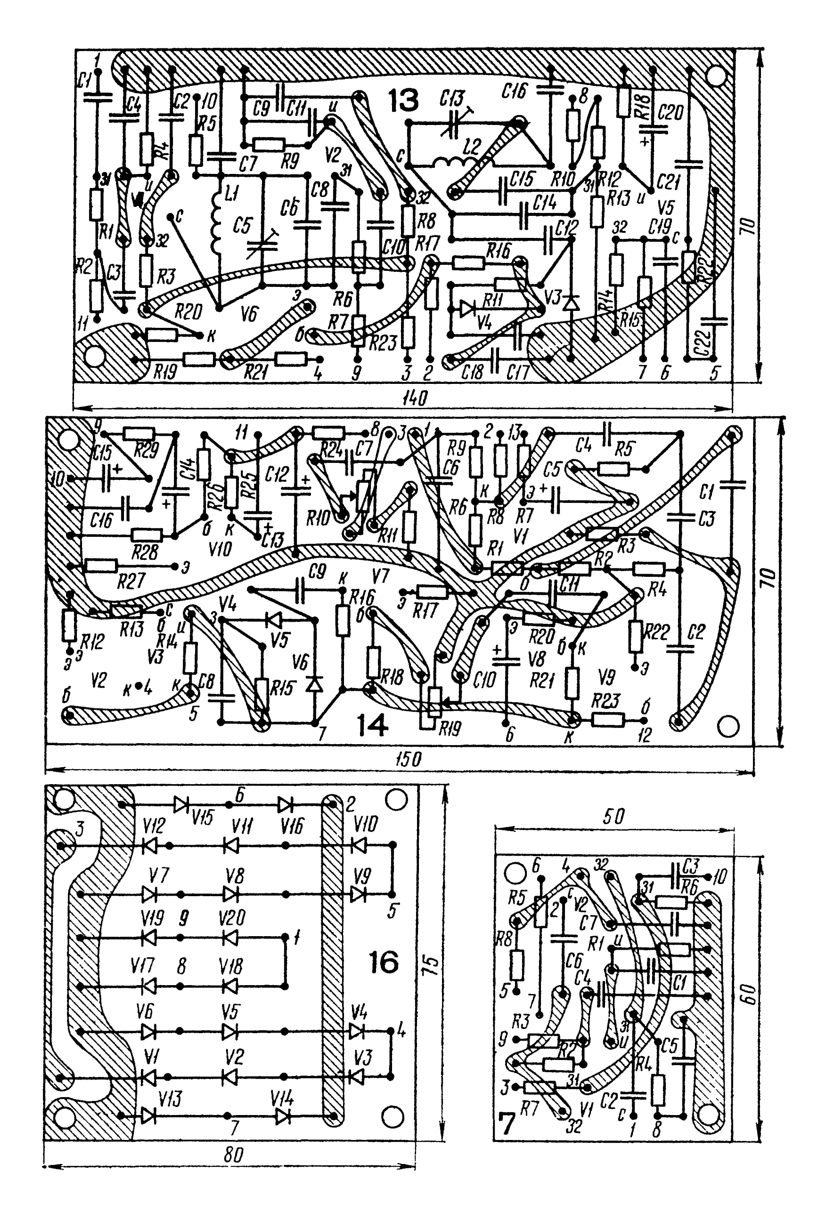


Рис. 10. Печатные платы блоков *7, 13, 14, 16* трансивера и расположение деталей на них

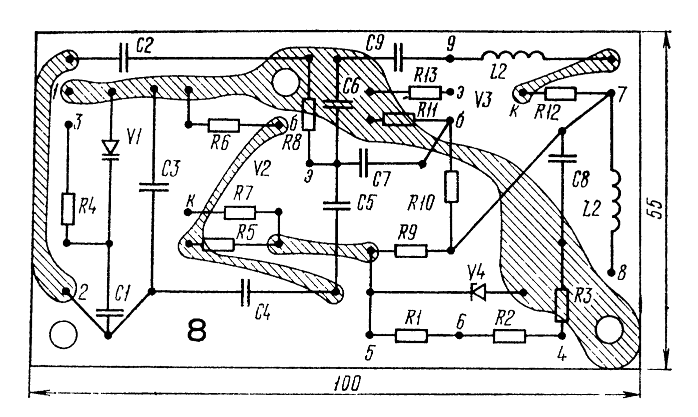


Рис. 11. Печатная плата блока *8* трансивера и расположение деталей на них

с изолирующими прокладками из текстолита), выключатель сети *S6*, держатель предохранителя *F1*, разъемы подключения антенны, сети и разъем *X7*.

Детали усилителя мощности отделены экраном из листа АМЦП толщиной 1,5 мм, согнутого под углом 90°. Длина стенки экрана, параллельной передней панели — 82 мм, перпендикулярной ей — 170 мм, высота экрана — 115 мм.

Чертеж кожуха цифровой шкалы приведен на рис. 13. Он изготовлен из листа АМЦП толщиной 1,5 мм. Перегородка в передней части служит для крепления в имеющихся в ней фигурных отверстиях панелек с газоразрядными индикаторами. Корпус с цифровой шка-

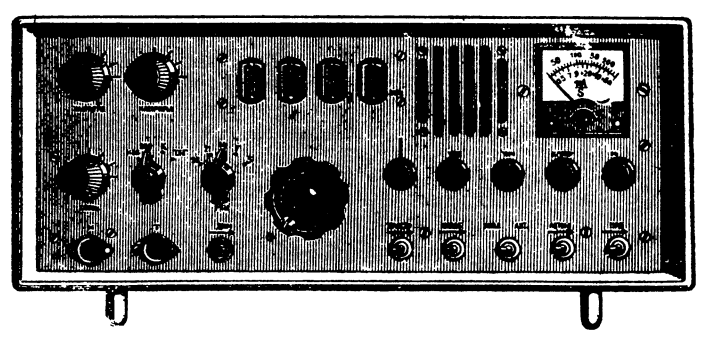


Рис. 12. Внешний вид трансивера

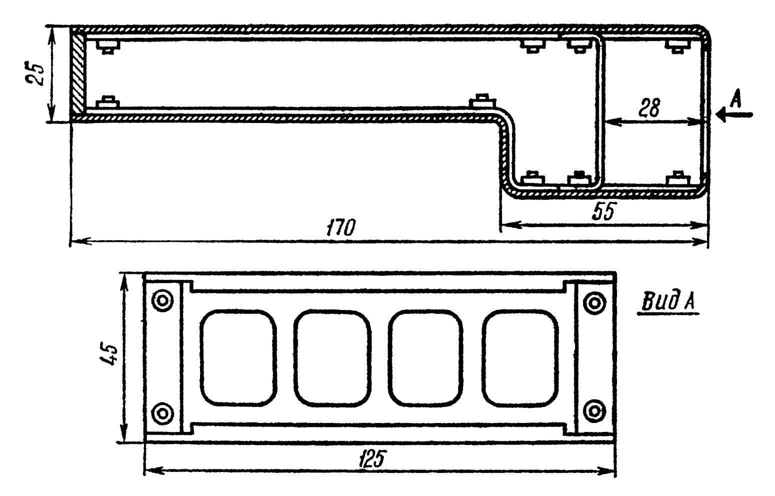


Рис. 13. Чертеж кожуха цифровой шкалы

лой прикреплен к передней панели четырьмя винтами М3 и соединяется с экраном, отделяющим детали усилителя мощности, полоской из АМЦП толщиной 1,5 и шириной 15 мм.

Налаживание трансивера целесообразно выполнить, проверяя работу его каскадов и настраивая фильтры в следующем порядке:

1. Выпрямители и стабилизаторы напряжения питания. При отключенных нагрузках по цепям +600, +200, +18, +10, +5 и —50 В питающие напряжения должны лежать в пределах: «+600 В» 680—700 В, «+200 В» 200—220 В, «+18 В» 19—20 В, «+10 В» 10—11 В, «+5 В» 5—5,5 В, «—50 В» — (70—75) В (значения указаны при напряжении сети 220 В). При максимальной нагрузке питающие напряжения не должны отличаться от номинальных значений более чем на ±5%. Максимальные токи потребления составляют: по цепи +600 В 200 мА, по цепи +200 В 20 мА, по цепи +18 В 50 мА, по цепи +10 В 250 мА, по цепи +5 В 700 мА, по цепи —50 В 150 мА.

2. Плата *15*. Общее потребление по цепи +10 В этой платой, когда на входе усилителя НЧ нет сигнала, должно быть 20—30 мА.

При необходимости такой ток устанавливают подбо-

ром диода *V15* или его шунтированием резистором с сопротивлением в несколько сотен ом. Общий коэффициент усиления усилителя НЧ на этой плате должен быть около 10. Неискаженная форма синусоидального напряжения на нагрузке должна сохраняться до амплитуды 2 В.

3. Плата *14*. Общее усиление от микрофона до выхода на балансный модулятор должно быть около 100. Неискаженная форма синусоидального напряжения, поступающего на балансный модулятор, должна сохраняться до амплитуды 3 В. Резистором *14R10* устанавливают напряжение со звукового генератора, поступающее на балансный модулятор, равным 0,5—0,6 В.

Система VOX должна надежно срабатывать при нажатии на ключ и подаче на микрофонный вход сигнала с уровнем 1—2 мВ.

Чувствительность VOX устанавливают подстроечным резистором *14R19*.

4. Тракт формирования однополосного сигнала. На микрофонный вход со звукового генератора подают сигнал частотой 1 кГц и с таким уровнем, чтобы на выходе усилителя-ограничителя (вывод *6* платы *11*) было напряжение 0,3—0,5 В. Подбирая конденсаторы *C17* и *11C5*, добиваются максимума напряжения на выходе усилителя-ограничителя. Затем снимают амплитудную характеристику усилителя-ограничителя. Она должна быть линейной до напряжения 0,7—1 В и ограничиваться на уровне 1—1,2 В.

5. Частотную характеристику тракта формирования однополосного сигнала необходимо проверить в положениях переключателя *S4 «НБП»* и *«ВБП»*. Ее снимают на выходе фильтра *Z2* (точка *2* платы *7*). Ослабление сигнала на частоте 300 Гц должно быть в 2—3 раза больше, чем на частотах 500 Гц — 3 кГц. Положение низкочастотного среза частотной характеристики можно скорректировать изменением частоты опорного напряжения, для чего последовательно с кварцевыми резонаторами *B1* и *B2* включают конденсаторы, емкость которых выбирают в пределах 30—200 пФ.

6. Фильтры *Z1* и *Z2* настраивают по максимуму напряжения на выводе *2* платы *7*, подбирая конденсаторы *C13* и *C15* (переключатель *S4* в положении *«К»*) и *C14*, *C16* при работе телефоном. Напряжение в этой точке при

работе с сигналами, достигающими уровня ограничения, должно быть 0,25—0,35 В.

7. Цифровая шкала. Правильно собранная шкала должна устойчиво измерять частоту сигнала с уровнем 0,3—0,5 В, поданного с генератора стандартных сигналов в интервале 0,1—5 МГц (показания на шкале больше истинных на частоту формирования сигнала). Точность измерения определяется точностью установки частоты входящего в шкалу генератора 1 МГц. Его частота не должна отличаться от номинальной более чем на ±5 Гц. Добиваются этого, подбирая конденсатор *10С2*.

8. ГПД. Напряжение на выводе *3* платы *9* должно быть 0,9—1,2 В. Диапазон частот и стабильность частоты ГПД удобно наблюдать прямо на цифровой шкале. При необходимости уточняют емкость и ТКЕ конденсаторов *8С2* и *8С3*. Стабильность частоты определяется, когда трансивер искусственно прогрет до температуры +(50—60)° С в том месте, где размещены детали ГПД. При этом изменение частоты ГПД от «холодного» состояния до прогретого не должно превышать 200—300 Гц.

9. Плата *6*. Напряжение максимального сигнала при передаче на выходе перестраиваемого фильтра (вывод *7* платы *6*) должно быть 0,6—0,8 В. Фильтр настраивают вначале на частоте 3 МГц, изменяя индуктивность катушек *6L1* и *6L2*, а затем на частоте 4 МГц подстроечными конденсаторами *6С5* и *6С11*.

Частоты генератора с кварцевой стабилизацией должны соответствовать указанным на схеме частотам резонаторов с точностью ±50 Гц. Этого добиваются подбором конденсаторов *6С1—6С4*. Подстраивая катушки *6L3* (в диапазоне 10 м) и *6L4* (на 15 м), получают максимальное напряжение гетеродина (вывод *14* платы *6*). Это напряжение должно быть 1—1,3 В. На диапазонах 20 и 40 м выходное напряжение гетеродина подбором конденсаторов *6С18* и *6С19* устанавливают равным 0,9—1 В.

10. Полосовые фильтры платы *4*. При максимальном сигнале в режиме передачи при перестройке трансивера в пределах рабочих частот каждого диапазона напряжение на выходе фильтров (вывод *13* платы *3*) должно быть в пределах 0,6—0,8 В.

11. Устанавливают режим работы усилителя мощности на лампе *V1*. Подбором резистора *3R14* обеспечива-

ют ток покоя 40—60 мА (шкала прибора при измерении анодного тока — 250 мА).

12. Настраивают катушку *L4* по максимуму напряжения на сетках лампы *V1* (и, соответственно, по максимуму тока через эту лампу) на частоте 28,5 МГц. Максимальное напряжение на сетках лампы *V1* на всех диапазонах должно лежать в пределах 15—20 В, что соответствует постоянной составляющей анодного тока лампы *V1* 150—200 мА.

13. Усилитель мощности. К трансиверу подключают эквивалент антенны — резистор мощностью не менее 50 Вт сопротивлением 50—100 Ом или лампу накаливания мощностью 100 Вт на напряжение 127 В. Максимальная выходная мощность достигается регулировками П-контура и должна быть не менее 50 Вт. Для последующей проверки приемника необходимо запомнить положения регуляторов П-контура, обеспечивающие максимум выходной мощности на эквиваленте антенны на каждом из диапазонов.

14. Приемник. При полученных положениях органов управления П-контуром (см. предыдущий пункт) на вход трансивера с генератора подают сигнал рабочей частоты. Подстраивая конденсаторы *13C5* и *13C13*, добиваются максимума показаний S-метра. Затем проверяют возможность настройки узкополосного контура преселектора конденсатором *C6* на каждом из диапазонов. На диапазоне 80 м возможно придется подобрать конденсатор *2C5*, получив резонанс не в крайних положениях движка конденсатора *C6*.

S-метр градуируют на диапазоне 15 м. Сигнал с генератора через эквивалент антенны — резистор сопротивлением 75 Ом подают на трансивер. Риску *S9* наносят при напряжении сигнала с генератора, равном 50 мкВ. Каждому меньшему значению шкалы S соответствует уменьшение напряжения в 2 раза. Увеличению показаний S-метра на каждые 10 дБ соответствует увеличение сигнала с генератора в 3 раза. Ориентировочное положение крайних и центральной точек S-метра таковы: S9 — 20 мкА, S3 — 2 мкА, S9 + 60 дБ — 45 мкА (ток полного отклонения прибора — 50 мкА).

Преселектор приемника выполнен с учетом искус-

ственного «завышения» показаний S-метра на диапазоне 10 м и их «занижения» на диапазонах 20, 40 и 80 м. На диапазоне 10 м показания отградуированного на диапазоне 15 м S-метра S9 соответствуют входному сигналу около 30 мкВ, на диапазонах 20 и 40 м — около 75 мкВ, а на диапазоне 80 м — около 100 мкВ. Опыт эксплуатации трансивера показал, что такое выполнение S-метра приближает его показания на всех диапазонах к субъективным оценкам, соответствующим приводимому в справочниках «словесному» описанию шкалы силы сигналов.

ЗВУКОУСИЛЕНИЕ

СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ ТЮНЕР-УСИЛИТЕЛЬ

В. Шушурин, Е. Креминский

Тюнер-усилитель обеспечивает высококачественное воспроизведение стереофонических и монофонических программ от звукоснимателя, магнитофона и т. п., а также прием ЧМ передач в УКВ диапазоне. Основные технические характеристики усилителя и тюнера приведены ниже.

Усилитель НЧ

Синусоидальная выходная мощность при коэффициенте гармоник не более 0,15% на нагрузке 8 Ом, Вт	2×35
Музыкальная выходная мощность на нагрузке 8 Ом, Вт, не менее	2×50
Номинальная полоса воспроизводимых частот, Гц	15—25 000
Неравномерность частотной характеристики в рабочей полосе частот, дБ, не более	±1,5

Коэффициент гармоник в рабочей полосе частот при уровнях выходной мощности в интервале от 100 мВт до 35 Вт при сопротивлении нагрузки 8 Ом, %, не более	0,15
Коэффициент интермодуляционных искажений (60 Гц и 7000 Гц относятся как 4 : 1) при выходной мощности от 100 мВт до 35 Вт при сопротивлении нагрузки 8 Ом, %, не более . . .	0,3
Отношение сигнал/фон при синусоидальной выходной мощности 2×35 Вт, дБ, не менее . . .	80
Отношение сигнал/шум при синусоидальной выходной мощности 2×35 Вт, дБ, не менее . . .	70
Номинальное входное напряжение, мВ	250
Входное сопротивление на частоте 1000 Гц, кОм, не менее	470
Номинальное выходное напряжение при синусоидальной выходной мощности 2×35 Вт, В, не менее	17
Выходное сопротивление на частоте 1000 Гц, Ом, не более	0,1
Коэффициент демпфирования при сопротивлении нагрузки 8 Ом, раз, не менее	80
Диапазон регулировки тембра относительно уровня на частоте 1000 Гц, дБ, не менее:	
на частотах 40 и 12 000 Гц	±17
на частоте 3200 Гц	±11
Частоты среза «обрезных» фильтров:	
фильтр ВЧ	80кГц
фильтр НЧ	5 Гц
Разбаланс частотных характеристик каналов в полосе частот 100—300 Гц, дБ, не более . . .	2
Рассогласование каналов усиления по чувствительности, дБ, не более	2
Переходные затухания между каналами, дБ, не менее, на частотах:	
315 Гц	50
1000 и 5000 Гц	45
10 000 Гц	38
Отношение максимального входного сигнала к сигналу, соответствующему номинальной чувствительности, дБ, не менее	20

Тюнер

Диапазон принимаемых частот, МГц	66—73
Рабочая полоса воспроизводимых частот, Гц, не менее	31,5—16 000
Чувствительность с антенного входа при отношении сигнал/шум 26 дБ и выходной мощности тракта НЧ 50 мВт, мкВ, не хуже	3,5

Избирательность по соседнему каналу при расстройке ± 10 кГц, дБ, не менее	50
Промежуточная частота, МГц	10,7
Коэффициент гармоник в рабочей полосе частот, %	1
Изменение выходного напряжения при изменении в 1000 раз входного сигнала, раз, не более	2

Принципиальная схема тюнера-усилителя изображена на рис. 1—4. Он построен по функционально-блочному принципу. Основными его блоками являются: предварительные и оконечные усилители НЧ, тракт ПЧ-ЧМ, блок УКВ, стереодекодер и блок питания.

Усилитель низкой частоты состоит из двух идентичных каналов, состоящих из предварительных и оконечных усилителей. Ввиду того, что оба канала совершенно идентичны, будет рассмотрена работа только одного из них.

С одного из входных разъемов сигнал через переключатель источников программ *S1* поступает на вход предварительного усилителя *(У1)*. Переменным резистором *R6* устанавливают номинальный уровень сигнала, *R18* — тонкомпенсированно регулируют громкость, а *R1, R28* и *R3* корректируют частотную характеристику усилителя в области низших, средних и высших частот соответственно. К усилителю можно подключить магнитофон как на запись, так и на воспроизведение. Его подсоединяют к разъему *X5* или *X6*. Режим работы усилителя НЧ выбирают переключателем *S3*. Предусмотрено пять режимов: моно (оба канала работают параллельно), стерео, стерео реверс (левый и правый каналы меняются местами), левый (сигнал со входа первого канала подается на оба канала) и правый (сигнал с правого канала подается на оба канала). Переключателями *S4* и *S5* подключают фильтры высших и низших частот соответственно.

С выхода предварительного усилителя сигнал поступает на оконечный усилитель (*У3* см. рис. 2) и далее на переключатель акустических систем *S7*, разъемы для их подключения *(X7—X10)*, а также на разъемы для подключения головных телефонов и узел индикации баланса стереофонических каналов (элементы *V15, V16, R25, R26, R27, P1*).

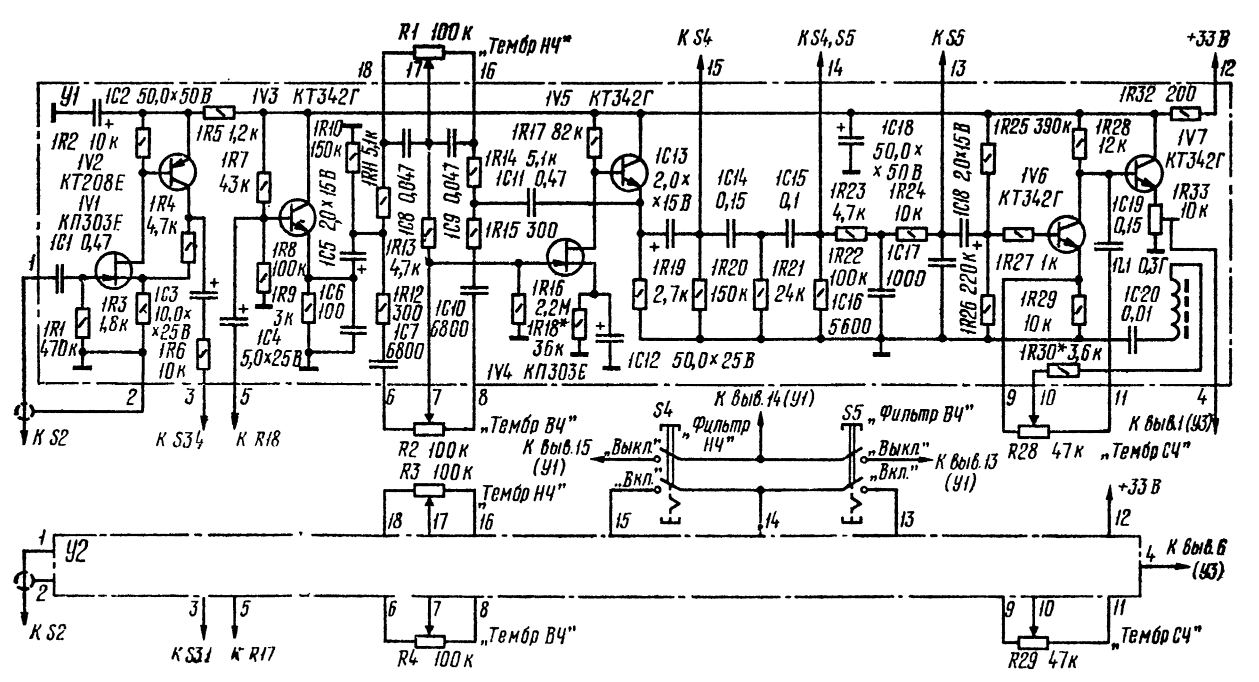


Рис. 1. Предварительный усилитель напряжения (блок У1)

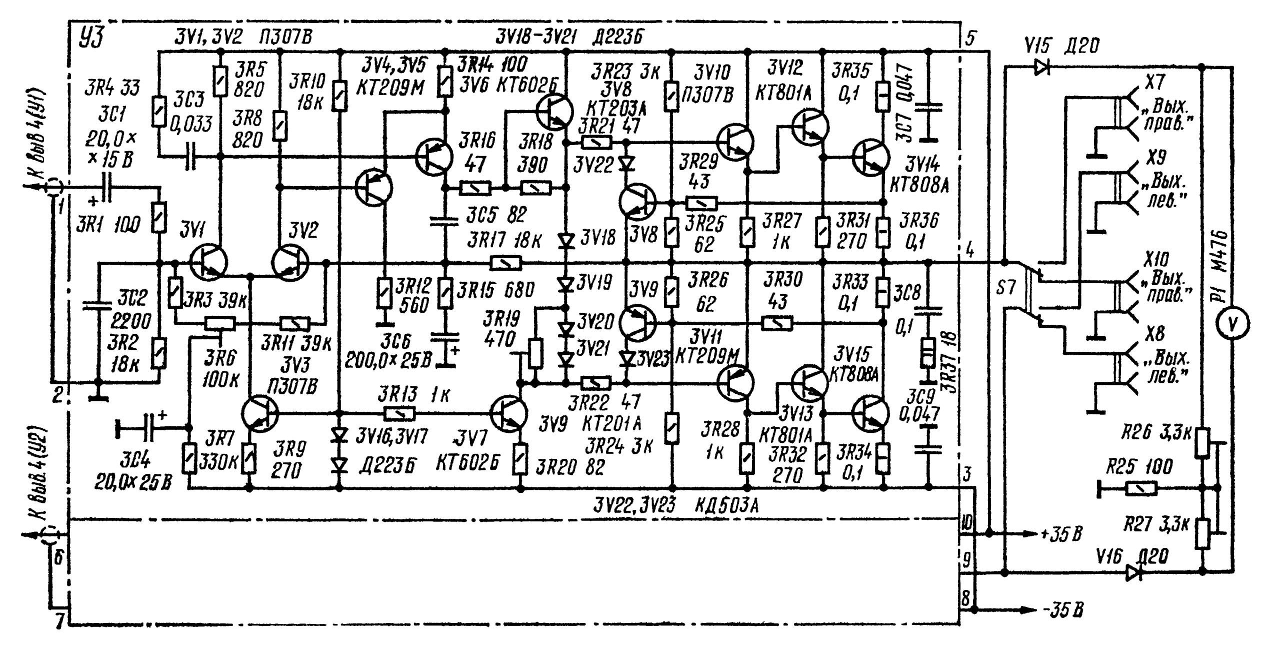


Рис. 2. Оконечный усилитель (блок У3)

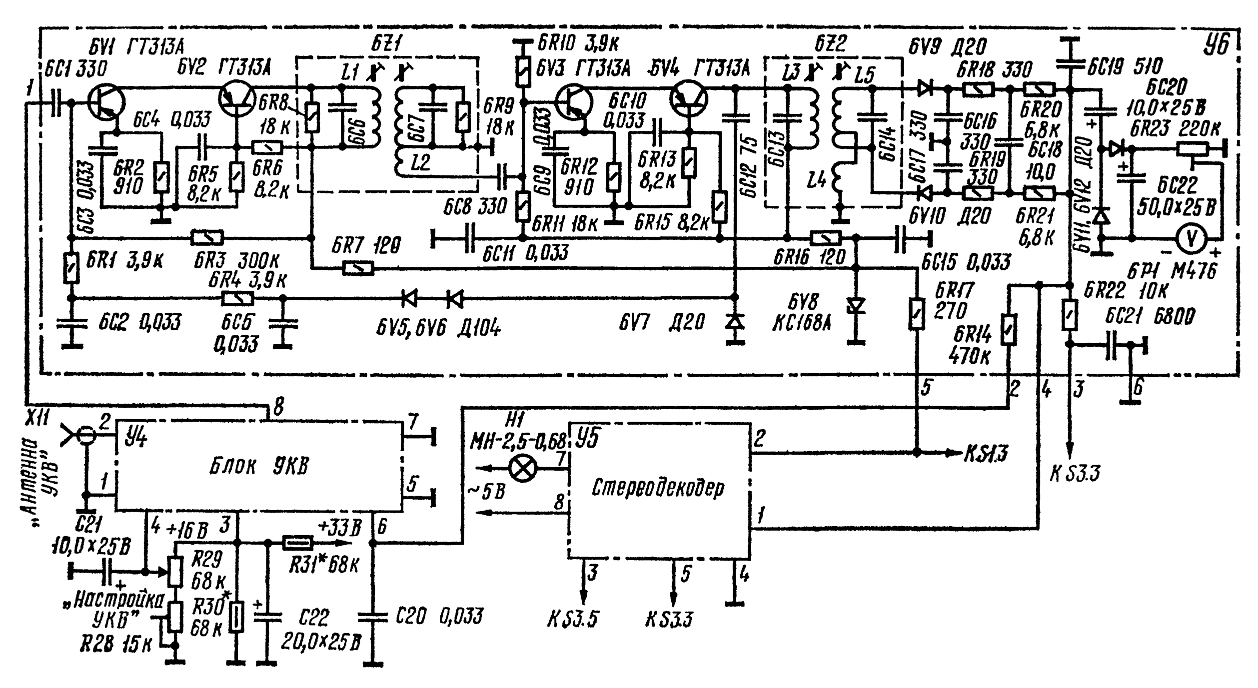


Рис. 3. Усилитель ПЧ (блок У6)

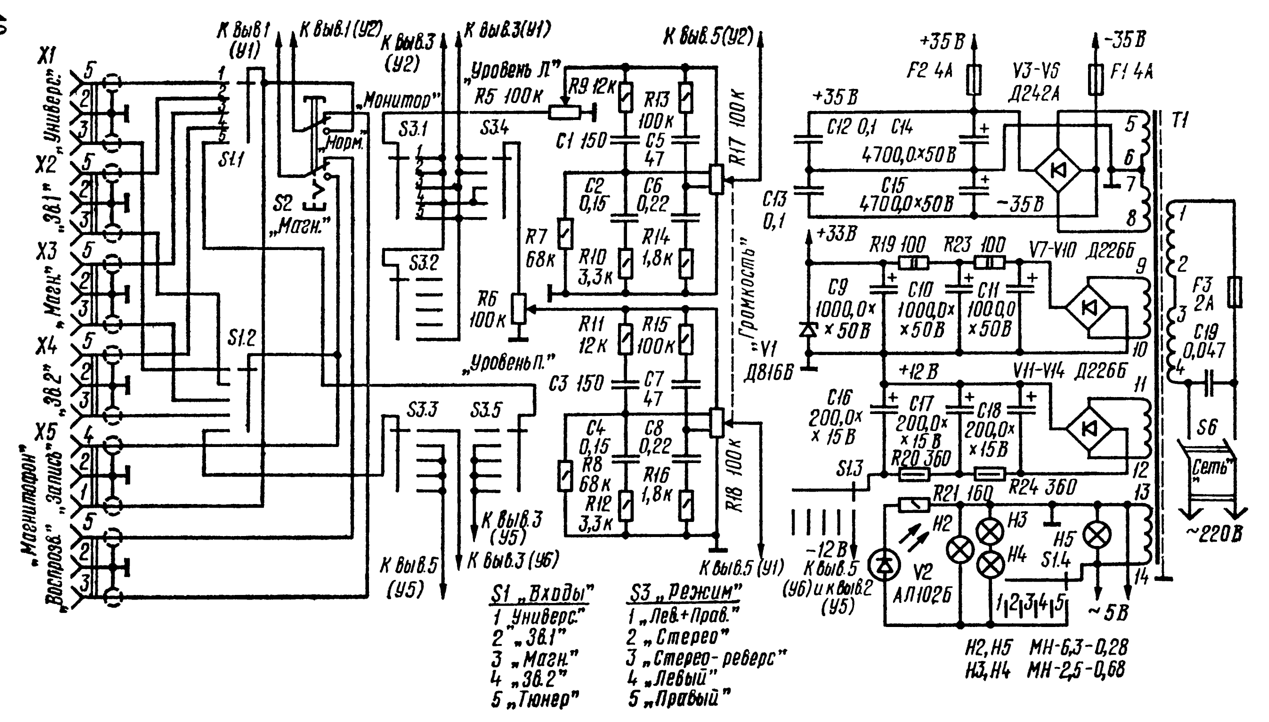


Рис. 4. Принципиальная схема блока питания и схема коммутации блоков

Блок *У1* (см. рис. 1) — предварительный усилитель напряжения. Он повышает уровень входного сигнала до значения, достаточного для работы мощного выходного каскада, а также для компенсации потерь усиления, вносимых цепями частотной коррекции. Усилитель выполнен на транзисторах *1-V1—1-V7*. На транзисторах *1-V1, 1-V2* собран входной усилитель. Применение полевого транзистора *(1-V1)* позволило легко обеспечить высокое входное сопротивление и малый уровень собственных шумов всего тракта.

На транзисторе *1-V3* собран эмиттерный повторитель, необходимый для обеспечения правильной работы цепей регулировки тембра низких и высоких частот. Регуляторы тембра собраны по схеме с использованием частотно-зависимой отрицательной обратной связи. Для компенсации ослабления сигнала, вносимого темброблоком, служит каскад на транзисторе *1-V4*. Особенностью схемы является использование полевого транзистора. Это позволило выполнить каскад, обладающий незначительными собственными шумами, высокой линейностью, а также полностью исключить шунтирование частотно-зависимых цепей регуляторов тембра. Эмиттерный повторитель на транзисторе *1-V5* необходим для согласования высокоомной нагрузки полевого транзистора с последующими каскадами. Следующее звено — RC фильтры ВЧ и НЧ, выполненные на элементах *1-C14, 1-C15, 1-R21, 1-R22* и *1-C16, 1-C17, 1-R23, 1-R24*. Эти фильтры предназначены для уменьшения низкочастотных и высокочастотных шумов (фон переменного тока, «рокот» двигателя электропроигрывающего устройства, «шипение», сопровождающее прослушивание граммофонных пластинок или магнитных записей, а также некоторых других источников звука).

С фильтров сигнал поступает на базу транзистора *1-V6*, на котором собран каскад регулировки частотной характеристики усилителя в области средних частот. Для коррекции формы частотной характеристики используются резонансные свойства последовательного колебательного контура *(1-L1,1-C20)*. С коллекторной нагрузки каскада сигнал поступает на согласующий эмиттерный повторитель *(1-V7)* и далее на оконечный усилитель *(У3)*, работающий на мощные выходные транзисторы *3-V15, 3-V14* (см. рис. 2).

Для питания оконечного усилителя использованы два симметричных источника питания разной полярности (см. рис. 4), что позволило исключить громоздкий переходной конденсатор большой емкости, связывающий усилитель с нагрузкой. Так как нагрузка гальванически связана с усилителем, необходимо свести к минимуму дрейф «нуля» на его выходе. Это требование обеспечивается использованием во входных цепях дифференциального усилителя (транзисторы *3-V1, 3-V2*). Сигнал через фильтр нижних частот *3-R1,3-C2* подводится к базе транзистора *3-V1*, которая соединена с общим проводом через резистор *3-R2*. К базе транзистора *3-V2* через делитель напряжения *3-R15,3-R17* подводится часть выходного сигнала, что создает глубокую отрицательную обратную связь по напряжению. Следовательно, дифференциальный каскад сравнивает потенциал на выходе с нулевым потенциалом и, если по какой-либо причине постоянное напряжение на выходе становится отличным от нуля, вырабатывает сигнал рассогласования, пропорциональный разности потенциалов на базах транзисторов *3-V1, 3-V2*. Этот сигнал поступает на один из входов дифференциального каскада в такой полярности, чтобы привести постоянное напряжение выхода усилителя к нулевому уровню.

Цепочка из *3-R3, 3-R6, 3-R7, 3-R11, 3-C4* служит для подачи на базы транзисторов *3-V1, 3-V2* небольшого отрицательного смещения, необходимого для компенсации разброса параметров указанных транзисторов. Подстроечным резистором *3-R6* устанавливают «нулевой» потенциал на выходе усилителя.

С выхода дифференциального каскада сигнал поступает на транзистор *3-V5*, усиливается и через резистор *3-R16* подается на согласующий эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе *3-V6*. Для устранения возможного самовозбуждения усилителя на высоких частотах в него введены два звена частотной коррекции — конденсатор *3-C5* и цепочка из *3-C3, 3-R4*.

С эмиттера транзистора *3-V6* сигнал поступает на транзисторы фазоинвертора *3-V10, 3-V11* и далее на транзисторы *3-V12, 3-V14* и *3-V13, 3-V15*. Диодная цепочка *3-V18—3-V21* создает начальное смещение на базах транзисторов *3-V10* и *3-V11*. Ток «покоя» оконечного

усилителя устанавливают подстроечным резистором *3-R19*. В усилителе предусмотрена защита от перегрузок и коротких замыканий на выходе. Узел защиты собран на транзисторах *3-V8, 3-V9* по обычной схеме.

Тюнер, используемый в данной конструкции, позволяет принимать в УКВ-диапазоне (66—73 МГц) как монофонические, так и стереофонические радиовещательные программы.

В состав тюнера (см. рис. 3) входят блок УКВ *У4*, стереодекодер *У5*, усилитель ПЧ *У6*. Частично в тюнере использованы узлы от радиовещательной аппаратуры, и поэтому их схемы и описания здесь не приводятся.

Блок УКВ — от радиолы «Виктория-001-стерео». Схема и описание его работы помещены в «Радио» № 1 за 1975 г. на с. 31—36.

Блок стереодекодера взят от радиолы «Рига-104». Его схема и описание работы представлены в книге Э. А. Асаба и В. И. Дерябина «Транзисторные радиолы и радиоприемники первого класса», выпущенной издательством «Связь» в 1972 г.

Усилитель ПЧ (блок *У6*) — двухкаскадный. Он выполнен по каскодной схеме на транзисторах *6-V1—6-V4*. Нагрузкой первого каскада служит двухконтурный полосовой фильтр *6-Z1*, а второго — фазосдвигающий трансформатор детектора отношений *6-Z2*.

С коллектора транзистора *6-V4* сигнал ПЧ через диоды задержки *6-V5*, *6-V6* и фильтрующие цепочки поступает на усилитель ВЧ блока УКВ и первый каскад усилителя ПЧ. Система АРУ обеспечивает прием всех радиостанций с практически одинаковой громкостью и, кроме того, значительно улучшает работу системы АПЧ. Сигналы всех станций имеют почти одинаковую амплитуду на детекторе, что позволяет сохранить полосу удержания системы АПЧ примерно одинаковой, отказавшись от специального выключателя системы АПЧ. Управляющее напряжение АПЧ снимается с выхода детектора и через фильтрующую цепочку *6-R14, 6-C19* подается на варикап, осуществляющий подстройку гетеродина (находится в блоке УКВ).

Продетектированный сигнал через корректирующую цепочку *6-R22, 6-C21* поступает на стереодекодер и да-

лее на переключатели входов и рода работы усилителя ПЧ.

Настройка тюнера электронная, при помощи варикапных матриц (установлены в блоке УКВ), емкость которых регулируют, изменяя подаваемое на них напряжение с переменного резистора *R29*.

Катушки контуров ПЧ намотаны на каркасах диаметром 7,5 мм от унифицированных контуров ПЧ телевизионных приемников второго класса. Намоточные данные катушек приведены в статье В. Полякова «Радиовещательный ЧМ-приемник», опубликованной в «Радио» № 1 за 1974 г. на с. 36—38.

Блок питания тюнера-усилителя (см. рис. 4) собран по стандартной схеме и особенностей не имеет. Он обеспечивает следующие напряжения: ±35 В для питания оконечных усилителей НЧ, +33 В для питания предварительных усилителей НЧ и блока УКВ; —12 В для питания усилителя ПЧ и стереодекодера и ~5 В для питания лампочек индикации, подсвета и светодиода *V2*.

Конструкция и детали. Конструктивно тюнер-усилитель выполнен на общем металлическом П-образном шасси, на верхней и нижней плоскостях которого размещены все функциональные блоки. Передняя и задняя панели механически соединены с общим шасси. На передней панели расположены регуляторы усиления, баланса, тембра, переключателя входов, рода работ, режима записи — воспроизведения, фильтров НЧ и ВЧ, стрелочные индикаторы, шкала расстройки, переменный резистор настройки тюнера и выключатель сети. На задней панели расположены входные и выходные разъемы, переключатель акустических систем, антенное гнездо, сетевой предохранитель и шнур питания.

В конструкции использованы в основном детали промышленного изготовления. Постоянные резисторы МЛТ, МОН и С5-16, подстроечные СП3-1 и СП3-22, переменные СП3-12 и СП3-23. Электролитические конденсаторы К50-16 и К50-18, остальные КС, КТ и К73-9. Входные разъемы унифицированные СГ-5, переключатели входов и рода работ ПГ-3, остальные П2К, предохранители ПМ. Катушки индуктивности *1-L1* и *2-L1* (на схеме блока не показана) намотаны на кольцевых сердечниках из

феррита М2000НМ, типоразмер К20 × 12 × 6 проводом марки ПЭВ-1 0,1 мм.

Налаживают тюнер-усилитель по общепринятой методике.

ДВУХТАКТНЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ МОЩНОСТИ

Ю. Качанов

Описываемый усилитель предназначен для высококачественного воспроизведения монофонических и стереофонических звуковых программ. Он может быть использован в любом звуковоспроизводящем устройстве: приемнике, проигрывателе, магнитофоне или в усилительно-коммутационном устройстве как оконечный усилитель мощности. Мощность усилителя достаточна для озвучивания любого жилого помещения, а также небольших залов. Благодаря схемным решениям обеспечивается высокая достоверность воспроизведения.

В настоящее время все более возрастает качество таких звуковых программ, как вещание на УКВ, грамзапись, магнитная запись. Это налагает повышенные требования на качество звуковоспроизводящей аппаратуры, а именно на оконечный усилитель мощности, так как на его долю приходится значительная часть искажений звукового сигнала. Одна из причин, которые препятствуют усилению звуковых программ с высокой достоверностью, кроется в нелинейных искажениях, возникающих в активных элементах усилителя. При этом возникают такие виды искажений, как гармонические и кроссмодуляционные. Современное же развитие полупроводниковой техники и схемотехники позволяет значительно снизить влияние нелинейных искажений активных элементов на качество воспроизведения.

В последнее время в зарубежной печати, например в патенте США № 039965, появились сообщения о том, что при звуковых испытаниях усилителей с высокой линейностью элементов, высококвалифицированные эксперты отмечали искажения звукового сигнала, которые не удавалось зарегистрировать измерительными приборами. Создавалось впечатление, что в усилителе действует неизвестный источник шумового сигнала.

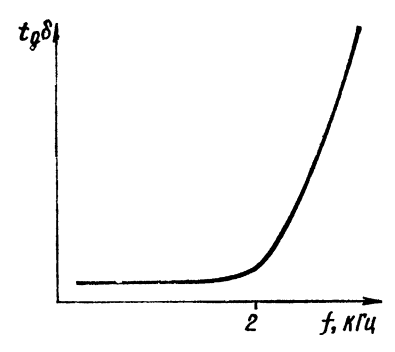


Рис. 1. Зависимость потерь tg δ электролитического конденсатора от частоты сигнала

Как известно, звуковые сигналы имеют сложную форму, их спектр состоит из основных частот и гармонических составляющих. Именно гармонические составляющие маскировались неизвестным шумовым сигналом, при этом снижалась четкость воспроизведения. Были проведены тщательные исследования, в результате которых выяснилось, что источником искажений являются пассивные элементы, а именно электролитические конденсаторы большой емкости, которые широко используются в транзисторных усилителях благодаря их большой удельной емкости.

Вольтамперная характеристика электролитического конденсатора похожа на характеристику полупроводникового диода. При нормальной полярности приложенного напряжения через конденсатор протекает небольшой ток утечки, а при противоположной полярности приложенного напряжения через конденсатор будет протекать большой ток, т. е. характеристика конденсатора существенно нелинейна. Поэтому если к электролитическому конденсатору приложить переменное синусоидальное напряжение, то будут возникать гармоники основной частоты, которые уменьшаются при увеличении постоянного запирающего напряжения.

Кроме того, внутренние потери конденсатора зависят от частоты приложенного сигнала. На рис. 1 показан график зависимости потерь tg δ электролитического конденсатора от частоты сигнала. На нем видно, что, начиная с некоторой частоты, потери резко возрастают. При этом их уровень зависит от приложенного постоянного напряжения и возрастает при его увеличении. Для конденсаторов К50-6 на частоте 10 кГц tg δ становится значительно больше 1, т. е. конденсатор ведет себя как нелинейный резистор.

Все это свидетельствует о том, что электролитические

конденсаторы большой емкости являются источниками высокочастотных искажений звукового сигнала.

Чтобы уменьшить нелинейные искажения в электролитических конденсаторах, параллельно им включают бумажный, металлобумажный или пленочный конденсатор. Потери в этих конденсаторах гораздо меньше ($tg\,\delta \leqslant 0{,}01$), чем у электролитических ($tg\,\delta \leqslant 0{,}12$—$0{,}25$), и нелинейные свойства тоже значительно ниже. Ввиду того что нелинейные свойства электролитических конденсаторов начинают возрастать с частот около 2—3 кГц, емкость шунтирующих конденсаторов может быть меньше, чем электролитических, на 1—2 порядка. Описываемый усилитель выполнен с учетом вышеизложенных факторов.

Основные технические параметры усилителя приведены ниже.

Номинальный уровень входного сигнала 450 мВ. Выходное сопротивление не более 0,04 Ом. Номинальная выходная мощность каждого канала на частоте 1 кГц при сопротивлении нагрузки 8 Ом составляет не менее 15 Вт. При этом коэффициент гармоник на частоте 1 кГц не превышает 0,1%. Номинальная выходная мощность каждого канала на частоте 1 кГц при сопротивлении нагрузки 4 Ом равна не менее 25 Вт, а коэффициент гармоник на частоте 1 кГц не более 0,2%. Рабочая полоса частот при неравномерности 3 дБ $20—60 \cdot 10^3$ Гц. На частоте 20 кГц максимальная выходная мощность уменьшается не более чем на 1 дБ. Динамический диапазон равен не менее 80 дБ. Коэффициент усиления 22. Входное сопротивление усилителя 40 кОм.

Питается усилитель от сети переменного тока напряжением 127 или 220 В. Потребляемая от сети мощность не превышает 70 Вт.

На рис. 2 приведена принципиальная схема усилителя. Он состоит из двух идентичных усилителей правого и левого каналов У1 и У2, блока питания и индикатора стереобаланса.

Усилитель в каждом из каналов — трехкаскадный.

Напряжение смещения на базу транзистора *V1* подается через низкочастотный *RC* фильтр *R5C2*, коллектор через резистор *R6* соединен с общей корпусной шиной, а эмиттер — с общей корпусной шиной через низкоомный резистор *R7* и конденсатор большой емкости *C4*.

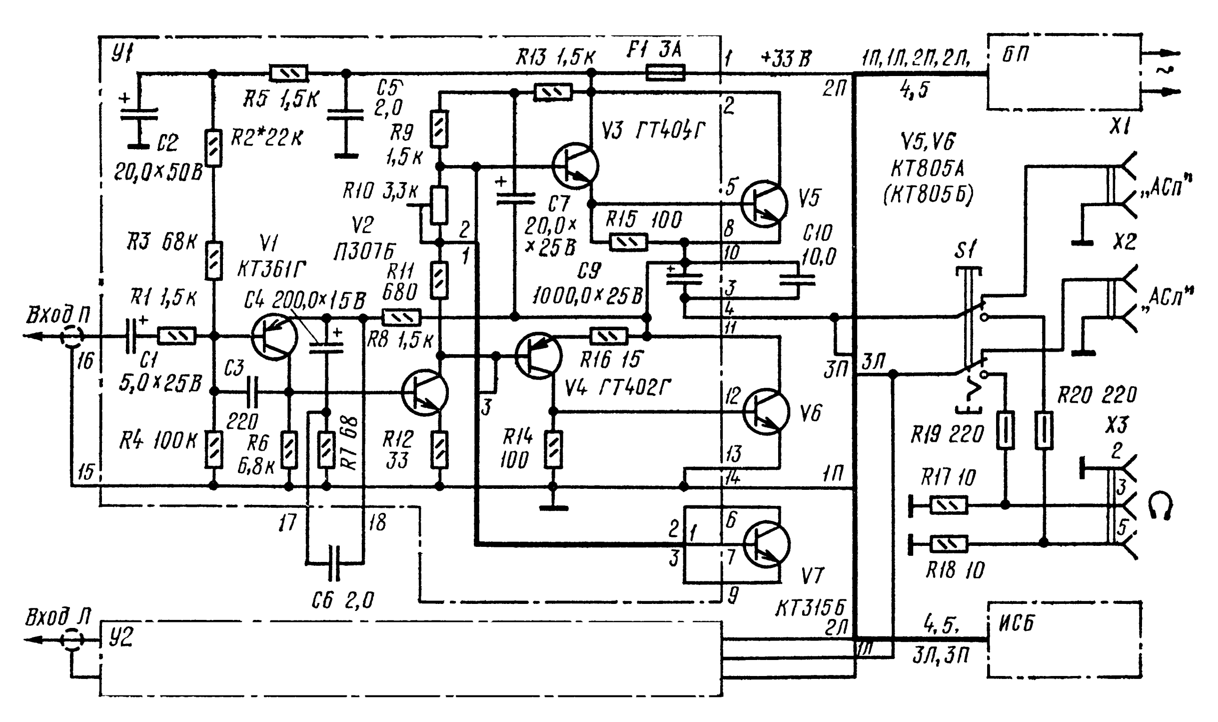


Рис. 2. Принципиальная схема усилителя

Шунтирующие конденсаторы включены параллельно электролитическому конденсатору *C4*, находящемуся в цепи отрицательной обратной связи, и параллельно выходному разделительному конденсатору *C9*. Эти конденсаторы больше других влияют на уровень высокочастотных искажений. Гармоники, производимые *C4*, поступают последовательно на все усилительные каскады и приходят на выход значительно усиленными, а разделительный конденсатор *C9* не охвачен петлей отрицательной обратной связи и, следовательно, производимые им гармоники без ослабления поступают в нагрузку усилителя. Остальные электролитические конденсаторы охватываются отрицательной обратной связью, и их влиянием на высокочастотные нелинейные искажения можно пренебречь. Помимо этого, шунтирующий металлобумажный конденсатор включен параллельно конденсаторам фильтра блока питания усилителя.

Второй каскад усилителя собран на транзисторе *V2* структуры *n-p-n* с резистивной коллекторной нагрузкой. Транзистор *V7* служит стабилизатором тока покоя выходных транзисторов. Подстроечным резистором *R10* устанавливают ток покоя выходных транзисторов.

Третий каскад — двухтактный, выполнен по квазикомплементарной схеме на транзисторах *V3*, *V4*. Мощные выходные транзисторы *V5* и *V6* устанавливают на теплоотвод площадью не менее 200 см^2. Нагрузку подключают к выходу усилителя через разделительный электролитический конденсатор *C9*, параллельно которому включен металлобумажный конденсатор *C10*.

Чтобы более точно установить постоянное напряжение на выходе усилителя, равное $0{,}5U_{\text{пит}}$, и тем самым добиться максимальной выходной мощности, во входной делитель введен подборный резистор *R2*. Усилитель охвачен отрицательной обратной связью глубиной около 40 дБ через делитель *R8R7C4C6*. Для предотвращения возбуждения на высокой частоте между базой и коллектором транзистора *V1* включен корректирующий конденсатор *C3*. При помощи переключателя *S1* к выходу усилителя подключают акустические системы или стереотелефоны.

На рис. 3 изображена схема блока питания. Он состоит из силового понижающего трансформатора *T1* и трех двухполупериодных выпрямителей. Первый выпря-

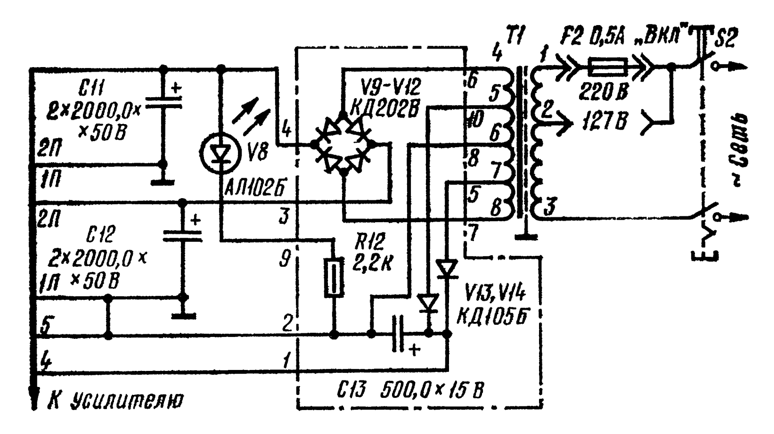


Рис. 3. Принципиальная схема блока питания

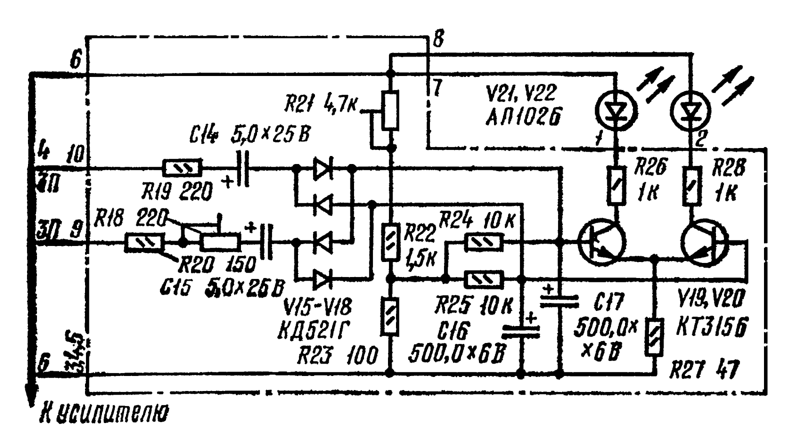


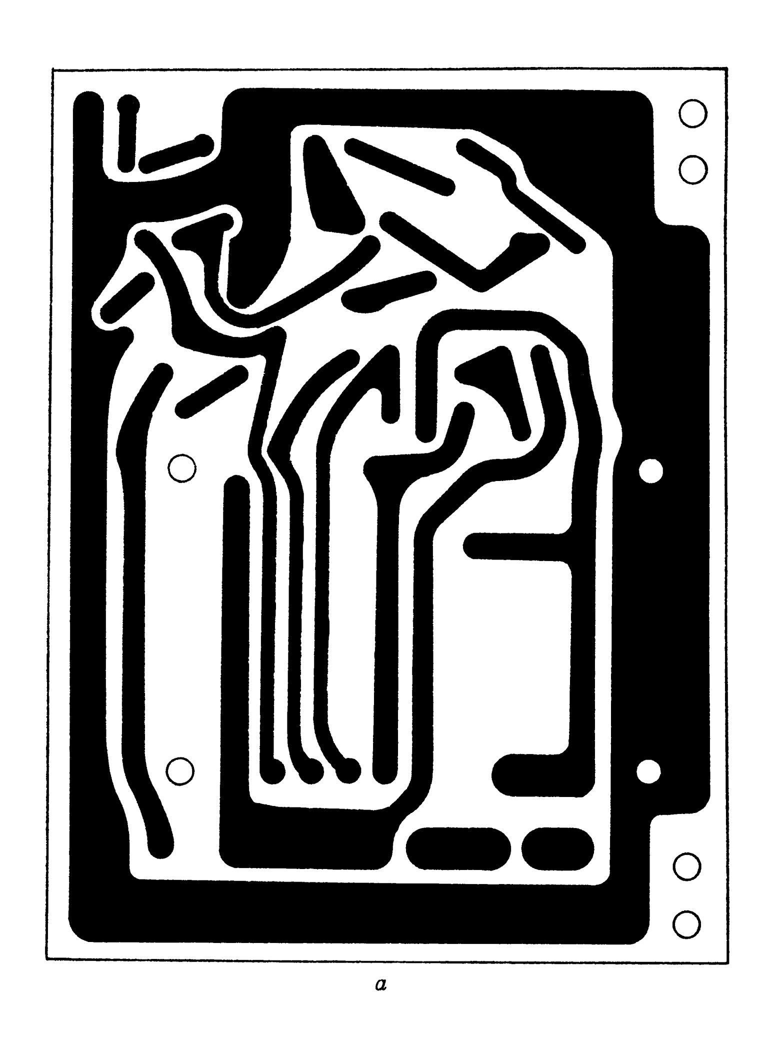
Рис. 4. Принципиальная схема индикатора баланса

митель (диоды *V9* и *V10*) питает усилитель правого канала, второй (диоды *V11* и *V12*) — усилитель левого канала. Третий выпрямитель выполнен на диодах *V13* и *V14* и предназначен для питания индикатора стереобаланса, а также, при желании, и предусилителя. Конденсаторы *C11—C13* фильтрующие.

Использование для усилителей правого и левого каналов отдельных выпрямителей улучшает развязку стереоканалов на низких частотах, повышает устойчивость усилителей. Светодиод *V8* является индикатором включения.

Индикатор стереобаланса (рис. 4) выполнен по дифференциальной схеме с двумя светодиодами, что позволяет производить установку стереобаланса с точностью не хуже 1—2%. В коллекторную цепь *V19* и *V20* индикатора включены светодиоды *V21* и *V22*. Небольшое начальное смещение подается на базу транзисторов через делитель *R21R22R23*. Выходное напряжение усилителей правого и левого каналов выпрямляется диодами *V15—V18* и поступает на базу транзисторов *V19, V20*. На базе *V19* суммируется отпирающее напряжение правого канала и запирающее левого. На базе *V20* суммируется запирающее напряжение правого канала и отпирающее левого. Если сигналы на выходе правого и левого каналов равны, они взаимно компенсируются на базах *V19* и *V20*, оба светодиода не светятся или светятся очень слабо. Если переменное напряжение больше на выходе усилителя правого канала, светится светодиод *V21*, если больше в левом канале, то *V22*. Для того чтобы светодиоды не мигали в такт изменениям уровня звукового сигнала, применяются фильтрующие конденсаторы *C16, C17*. Резисторы *R26, R28* ограничивают максимальный ток через транзисторы и светодиоды. Подстроечный резистор *R18* служит для выравнивания коэффициентов передачи детекторов правого и левого каналов. Балансировку лучше всего производить в режиме монозвучания, когда по обоим каналам идет одинаковый звуковой сигнал, хотя возможна менее точная балансировка при стереосигнале.

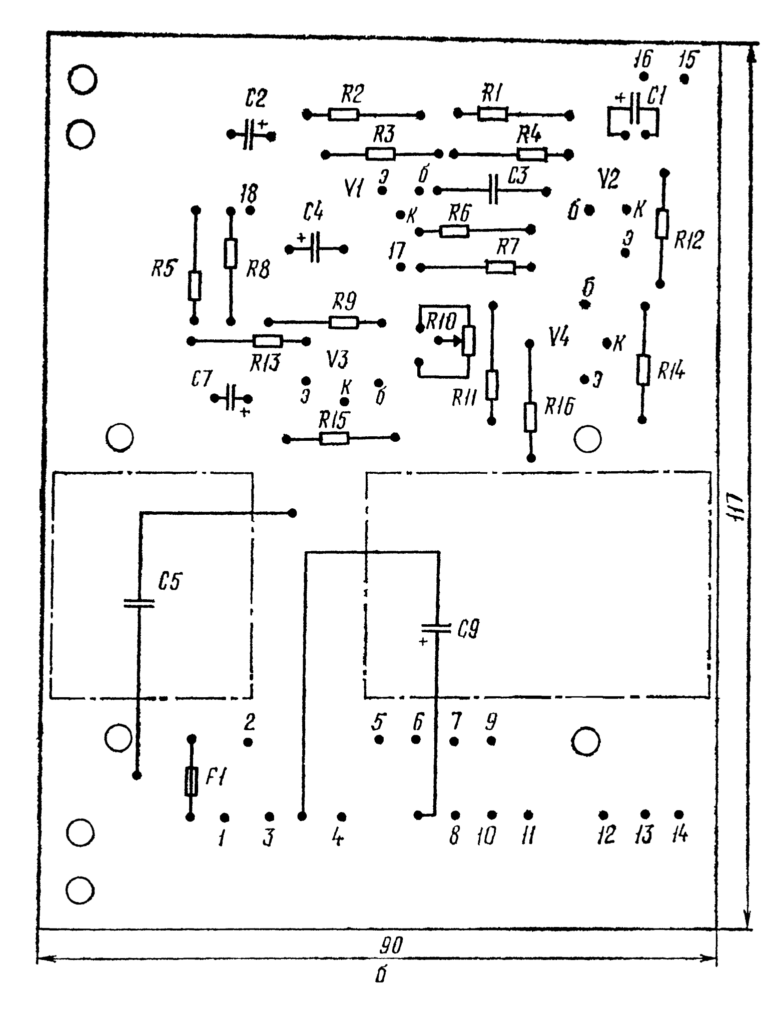
Усилитель монтируется на трех печатных платах и одной плате блока питания с объемным монтажом. Чертежи плат показаны на рис. 5—7. Толщина плат 1,5—2 мм. Непосредственно на шасси крепятся *T1, C6, C10, C11* и *C12*.



а

Рис. 5: *а* — печатная плата усилителя;

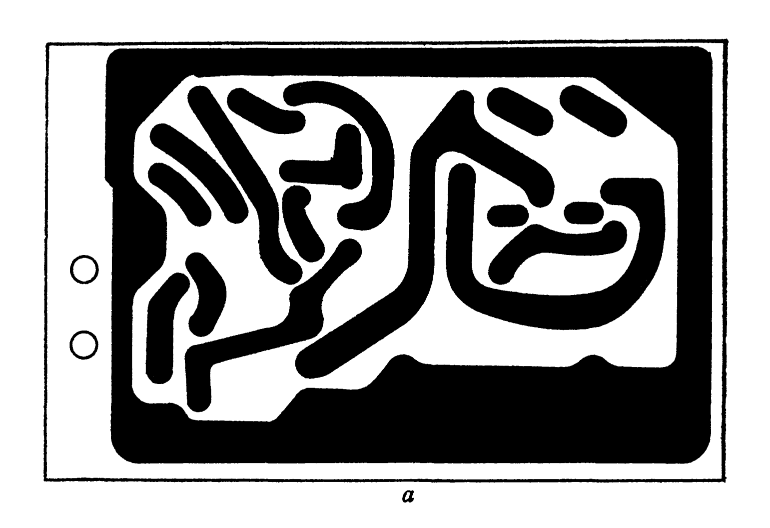
Особое внимание следует уделить монтажу фильтрующих конденсаторов, так как от этого зависит уровень фона на выходе усилителя. Проводник, подающий питание на усилитель, должен обязательно припаиваться к плюсовому выводу фильтрующего конденсатора; нельзя припаивать его к выходу выпрямителя. Проводник, идущий



б — расположение деталей на ней

с вывода *6* трансформатора, и корпусной проводник, идущий с платы усилителя, должны соединяться с корпусом в точке крепления фильтрующего конденсатора.

Если в одном выпрямителе используются два фильтрующих конденсатора, необходимо их располагать как можно ближе друг к другу, перемычка между положи-



а

90

5 4 3

R23

R24

6 7 8

R22

C17

R27

C16

R21

R18

R25

V19

V20

V16

э к б

э к б

67

9

R20

R19

C15

V18

V17

R26

R28

10

C14

V15

1 2

б

Р и с. 6: *а* — печатная плата индикатора стереобаланса; *б* — расположение деталей на ней

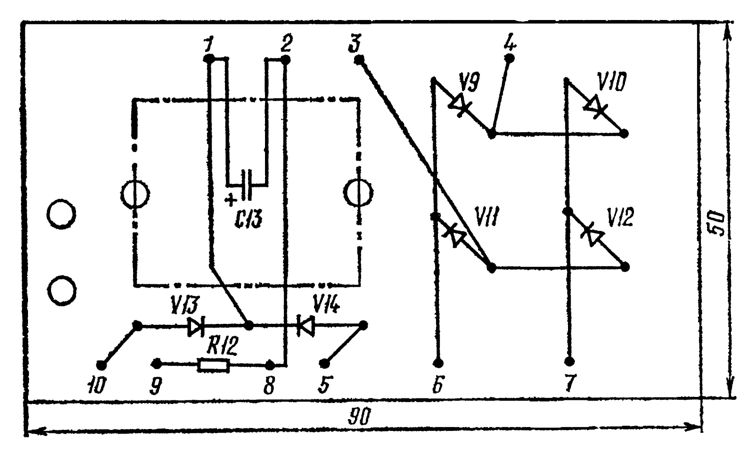


Рис. 7. Плата блока питания

тельными выводами должна быть из толстого, короткого проводника. Если проводник, идущий от выпрямителя, подключен к одному конденсатору, проводник, подающий питание на усилитель, должен быть подключен к другому конденсатору.

Если на конденсаторах *C6, C10* отсутствуют специальные ушки для крепления, то они крепятся скобой, проходящей между выводами. Светодиоды установлены на передней панели через изолирующие прокладки, лучше всего их приклеить.

Трансформатор *T1* выполнен на магнитопроводе ШЛ20 × 25 (ШЛ20 × 32). Сетевая обмотка *1-2* содержит 400, *2-3* — 600 витков провода ПЭВ-2 0,44, обмотки *4-5* и *7-8* — по 85, *5-6* и *6-7* по 55 витков провода ПЭВ-2 1,0. Экранирующая обмотка выполнена из фольги с изолирующей прокладкой. Ее можно изготовить и намотав виток к витку слой провода ПЭВ-2 0,44.

В усилителе использованы постоянные резисторы МЛТ (МТ), переменные СПО-0,15 группы А. Последние можно заменить на СПО-0,5, СПЗ-1, СПЗ-6, но при этом необходимо скорректировать печатные платы.

Конденсаторы *C11* и *C12* — К50-3Б (К50-6, К50-16, К50-20), остальные электролитические конденсаторы — К50-6. Конденсаторы *C5, C6, C10* — МБГП (МБГ, МБГН, МБГО, МБГЧ), *C3* — КТ-1 (КД-2, КМ, КЛС).

Транзистор КТ361Г *(V1)* можно заменить на КТ361 групп В, Ж, К или КТ208Е, КТ208К, КТ209Е, КТ209К; П307Б *(V2)* — на П307В, КТ608Б; ГТ404Г *(V3)* — на ГТ404 с индексами И, Ж, В; ГТ402Г *(V4)* — на ГТ402 с индексами И, Ж, В; КТ805А *(V5, V6)* — на КТ805Б, КТ802А, КТ803А; КТ315Б *(V7, V19, V20)* — на КТ315Г, КТ315Е, КТ312Б, КТ312В. Транзисторы выходного каскада необходимо подобрать так, чтобы $h_{21эV3}$ $h_{21эV5}$ - $h_{21эV4}$ $h_{21эV6}$ отличались не хуже чем на 20%. Транзисторы *V12, V20* подбирают по $h_{21э}$ и $U_{БЭ}$.

Диоды КД202В *(V9—V12)* можно заменить на диоды этой же серии с индексами Д, Ж, К, М, Р или Д242; КД105Б *(V13, V14)* — на диоды серий Д206, Д223, Д226; КД521Г *(V15—V18)* — на КД521А — КД521В, КД522Б, КД503А, КД503Б, Д219 или серии Д220. Вместо светодиодов, указанных на схеме, можно использовать АЛ102В, АЛ102Г или сверхминиатюрные лампы накаливания НСМ.

Налаживание усилителя начинают с проверки блока питания. При этом его отключают от усилителя. Определив полярность и измерив напряжение на холостом ходу, проверяют блок питания при номинальной нагрузке. Для этого параллельно конденсатору *C11* включают резистор сопротивлением 30 Ом и допустимой мощностью рассеивания на нем не менее 30 Вт. В качестве резистора можно использовать отрезок электронагревательной спирали. При подключении нагрузки напряжение питания не должно уменьшаться более чем на 20%.

После проверки выпрямителя левого канала можно подсоединять усилитель одного из каналов, предварительно подключив к его выходу эквивалент нагрузки (4 Ом или 8 Ом) и выведя на минимум резистор *R10*.

При первом включении необходимо быть особенно осторожным. Опыт показывает, что чаще выходят из строя дорогие мощные транзисторы именно при первом включении. Чтобы этого не произошло, подключение и первичную наладку необходимо производить при пониженном напряжении питания. Тогда усилитель можно питат через понижающий автотрансформатор 220/127 В. Если используется сеть напряжением 127 В, можно подать это напряжение на 220-вольтовую обмотку трансформатора питания. Кроме того, в цепь между блоком

питания и усилителем включают резистор, который использовался для проверки блока питания. После выполнения этих операций подают напряжение на усилитель, измеряют постоянное напряжение на базе транзистора *V1* и на выходе усилителя. Напряжение на базе должно быть близким к $0{,}5U_{\text{пит}}$, а выходное напряжение должно отличаться от него не более чем на 1—2 В.

При установке тока покоя выходных транзисторов в цепь коллектора *V5* включают миллиамперметр и резистором *R10* устанавливают ток 25—30 мА. При отсутствии миллиамперметра можно воспользоваться вольтметром, включив его параллельно резистору, а силу тока вычислить по закону Ома. После этого проверяют, не возбуждается ли усилитель. Убедившись, что усилитель функционирует нормально, можно подать номинальное напряжение питания, исключить защитный резистор и еще раз установить ток покоя.

Так как радиолюбители обычно используют резисторы из 20%-го ряда, то из-за разброса номиналов во входном делителе выходное напряжение отличается от $0{,}5U_{\text{пит}}$. Для того чтобы усилитель отдавал в нагрузку максимально возможную мощность, необходимо точнее установить постоянное выходное напряжение в режиме максимального сигнала. Для этого вместо подборного резистора *R2* устанавливают переменный резистор, на вход усилителя подают синусоидальный сигнал частотой 1 кГц, а выходной сигнал наблюдают на экране осциллографа. Регулируя уровень входного сигнала переменным резистором, добиваются, чтобы ограничение выходного сигнала начиналось одновременно у положительной и отрицательной полуволн.

Если осциллографа нет, можно воспользоваться вольтметрами постоянного и переменного тока. Вольтметр переменного тока подключают к выходу усилителя и, постепенно увеличивая входной сигнал, следят, когда замедлится нарастание выходного сигнала. После этого измеряют напряжение питания. При достижении выходным сигналом уровня ограничения его эффективное значение и напряжение питания должны быть связаны соотношением $U_{\text{вых}} \approx 0{,}33U_{\text{пит}}$. Затем измеряют напряжение пульсаций источника питания и устанавливают постоянное выходное напряжение, рассчитанное по формуле $U_{\text{вых}} = 0{,}5U_{\text{пит}} - 0{,}7U_{\text{п}}$. Определив сопро-

тивление переменного резистора, впаивают ближайший по номиналу постоянный резистор.

Налаживание индикатора стереобаланса начинают с установки начального смещения на базах транзисторов *V19, V20*. Для этого, регулируя сопротивление резистора *R21*, добиваются слабого свечения светодиодов. Затем обеспечивают одинаковые коэффициенты передачи детекторов правого и левого каналов: оба входа подключают к выходу одного из каналов, устанавливают переменное напряжение, равное половине максимального, и переменным резистором *R18* добиваются, чтобы оба светодиода не светились или оба светились одинаково слабо. Если яркость свечения светодиодов недостаточна, резистором *R21* необходимо дополнительно отрегулировать начальное смещение, несколько уменьшив его. Если светодиоды не светятся, резистором *R21* можно несколько увеличить начальное смещение. В случае слишком острой регулировки стереобаланса, т. е. когда не удается погасить оба светодиода, следует использовать резисторы *R18—R20* с бо́льшим сопротивлением.

В заключение дадим рекомендации по выбору схемы выходного каскада предусилителя. Во многих промышленных и любительских конструкциях усилителей между выходом предусилителя и выходом усилителя мощности установлен высокоомный регулятор громкости. Такое решение не позволяет получить высококачественное усиление звукового сигнала в усилителе мощности. Так как при этом уменьшается глубина отрицательной обратной связи в усилителе мощности, возрастают нелинейные искажения, увеличивается уровень сетевого фона на выходе. Чтобы этого не произошло, выходное сопротивление предусилителя должно быть не более 2—3 кОм.

ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА

ПРОСТЫЕ УСТРОЙСТВА НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

С. Федорова

В радиолюбительской практике все чаще применяют цифровые интегральные микросхемы. Радиолюбителей привлекает то, что устройства, собранные на них, как правило, не требуют налаживания или они получаются

весьма простыми. Большой популярностью пользуются микросхемы серии К155, выполненные на основе транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). В этой серии есть многовходовые элементы И-НЕ, триггеры, счетчики, дешифраторы, запоминающие устройства и другие.

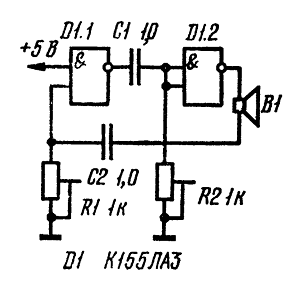


Рис. 1. Принципиальная схема электронного звонка

При построении схемы следует помнить, что к выходу микросхемы можно подключать до десяти входов. Если требуется подключить большее число входов, то нужно использовать элементы с большей нагрузочной способностью. Свободные входы (неиспользуемые) желательно через резистор сопротивлением 1 кОм подключать к источнику питания +5 В (до 10 через один резистор) или к генератору логической 1.

Напряжение питания микросхем серии К155 5 ± ± 0,25 В.

На принципиальных схемах с логическими элементами не показывают подключение источника питания к ним. На многие микросхемы серии К155 питание подают на выводы *14* (+5 В) и *7* (общий провод).

На рис. 1 изображена принципиальная схема звукового генератора, который можно использовать в качестве электронного звонка. Устройство выполнено на двух логических элементах 2И—НЕ *D1.1* и *D1.2* по принципу мультивибратора. Частота сигнала, который он генерирует, определяется конденсаторами *C1, C2* и резисторами *R1, R2*. Необходимый тон звучания подбирают подстроечными резисторами *R1, R2*.

Динамическая головка *B1* может быть любого типа с сопротивлением звуковой катушки 4 Ом. Ее можно включить и последовательно с одним из резисторов, но в этом случае громкость звучания будет значительно меньше.

В корпусе микросхемы К155ЛА3 расположены четыре логических элемента 2И-НЕ. На оставшихся двух элементах можно выполнить еще один генератор или собрать более сложное устройство — звонок с прерывистым звучанием (рис. 2).

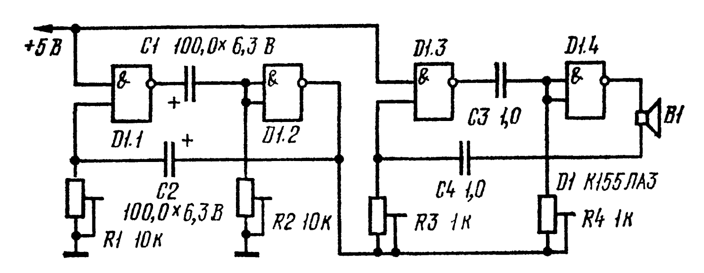


Рис. 2. Принципиальная схема звонка с прерывистым звучанием

Кнопка звонка устанавливается в разрыв цепи питания микросхем (на рис. 1, 2 не показана).

Звонок с прерывистым звучанием состоит из двух мультивибраторов. На элементах *D1.1* и *D1.2* собран первый, а на *D1.3, D1.4* — второй. Как и в предыдущем устройстве частота, вырабатываемая ими, определяется параметрами *RC* цепочек — *R1C1, R2C2* и *R3C3, R4C4.*

Первый мультивибратор, генерирующий импульсы с более низкой частотой следования, управляет работой второго. Пока на нижние по схеме входы элементов *D1.3* и *D1.4* с выхода элемента *D1.2* не поступит логический 0 (напряжение меньше 0,4 В), второй мультивибратор не работает. Формируется пауза. После подачи логического 0 мультивибратор на элементах *D1.3, D1.4* вырабатывает сигнал.

Налаживание устройства несложно: подстроечными резисторами *R1—R4* добиваются необходимого звучания.

Как и в предыдущем случае, в данном звуковом генераторе нужно применить динамическую головку с сопротивлением звуковой катушки 4 Ом.

На рис. 3 приведена принципиальная схема двухтональной сирены. Она содержит уже три мультивибратора — на элементах *D1.1, D1.2; D2.1, D2.2* и *D2.3, D2.4.* Первый мультивибратор (он работает в автоколебательном режиме и генерирует импульсы частотой около 1 Гц) управляет работой двух других. Мультивибратор на элементах *D2.1, D2.2* включается только тогда, когда на выходе *D1.2* логическая 1 (уровень, не меньший 2,4 В), а мультивибратор на *D2.3, D2.4* — когда логическая 1 на выходе *D1.1.*

Выходной сигнал с управляемых генераторов подается на суммирующий элемент *D1.3*, который и формирует двухтональный сигнал.

Желаемого звучания добиваются при налаживании, подбирая резисторы *R1—R6*.

Двухтональную сирену можно сделать и используя звонок с прерывистым звучанием (см. рис. 2), но для этого потребуется еще одна микросхема. На ней собирают мультивибратор, а один из ее элементов будет суммирующим. Схема сирены показана на рис. 4.

Налаживание устройства сводится к подбору резисторов *R1—R6*. Ими добиваются необходимого звучания.

На двух микросхемах К155ЛА3 легко собрать простой пробник для проверки радиоприемников. Принципиальная схема такого пробника изображена на рис. 5. Он вырабатывает низкочастотный и высокочастотный модулированный сигналы с амплитудой около 2 В.

Низкочастотный генератор собран на микросхеме *D1*. Прямоугольное напряжение с элемента *D1.1* через конденсатор *C3* подается на делитель *R3R4*, который ослабляет выходной сигнал в 10 раз. С элемента *D1.2* сигнал прямоугольной формы поступает на один из входов элемента *D2.2*, управляя работой высокочастотного генератора *(D2.1—D2.4)*. Он вырабатывает колебания только

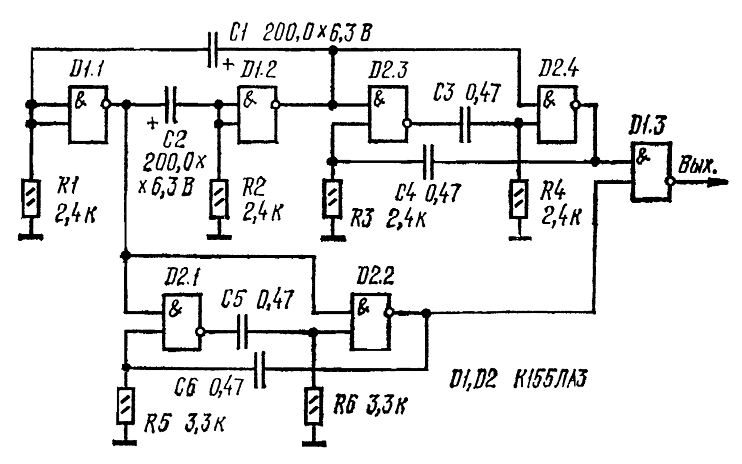


Рис. 3. Принципиальная схема двухтональной сирены

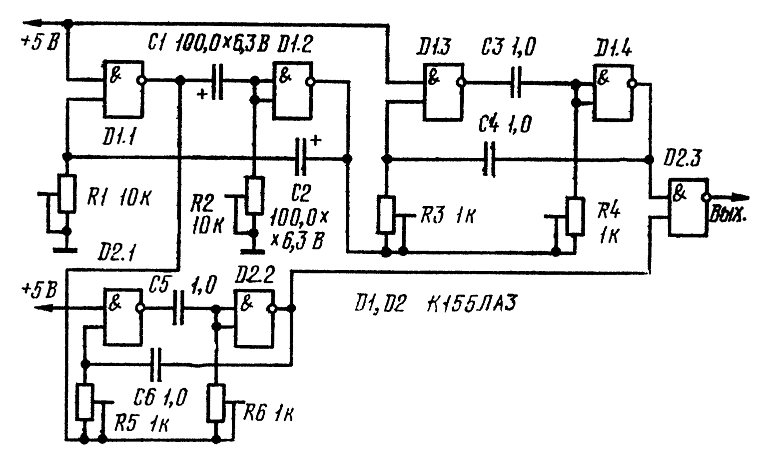


Рис. 4. Принципиальная схема двухтональной сирены с использованием звонка с прерывистым звучанием

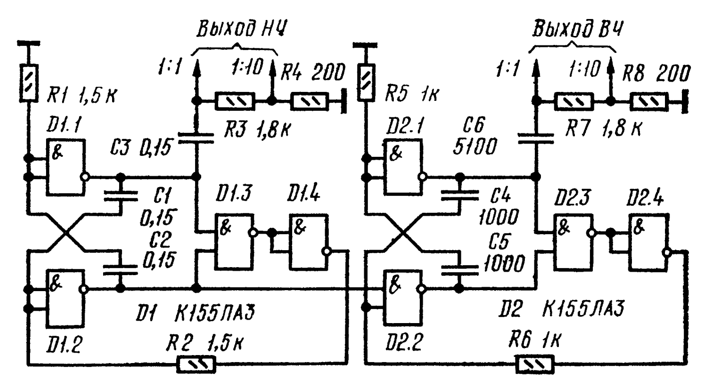


Рис. 5. Принципиальная схема простого пробника

тогда, когда на верхний по схеме вход *D2.2* подается логическая 1.

На высокочастотный выход пробника сигнал поступает с выхода элемента *D2.1* через конденсатор *C6*. Делитель *R7R8* ослабляет выходное напряжение тоже в 10 раз.

Данный пробник совсем не обязательно питать от сетевого источника, можно использовать и батарею 3336Л. Правда, при этом с уменьшением напряжения питания будут изменяться частота и амплитуда выходных сигналов.

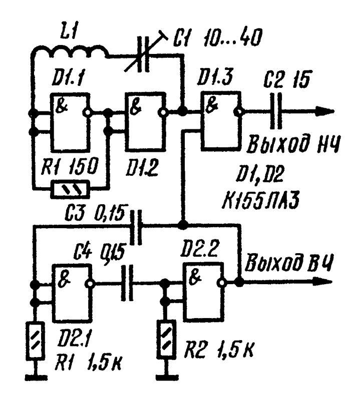


Рис. 6. Принципиальная схема пробника с катушкой индуктивности

На рис. 6 приведена принципиальная схема еще одного пробника. Высокочастотный генератор в нем собран на элементах *D1.1* и *D1.2*. Частота его определяется катушкой *L1* и конденсатором *C1*. Если, например, необходимо, чтобы пробник работал в диапазоне коротких волн, катушку *L1* следует наматывать на каркасе диаметром 8 мм с подстроечником из феррита М600НН проводом ПЭЛ 0,3. Она должна содержать 50 витков.

Мультивибратор на *D2.1* и *D2.2* вырабатывает низкочастотный сигнал, который модулирует высокочастотное импульсное напряжение. Функции модулятора выполняет элемент *D1.3*.

В быту все более широкое распространение получают таймеры. Принципиальная схема одного из них, который нетрудно изготовить самостоятельно, приведена на рис. 7. Он выполнен всего на одной микросхеме и состоит из трех узлов: мультивибратора на элементах *D1.1, D1.2*, работающего в автоколебательном режиме, электронного ключа (резисторы *R5—R10*, конденсаторы *C4, C5*, диод *V1*) и ждущего мультивибратора (элементы *D1.3, D1.4*).

Мультивибратор на элементах *D1.1, D1.2* генерирует импульсы прямоугольной формы с частотой следования около 1 кГц. Они дифференцируются цепочкой *C3R5* и поступают на электронный ключ.

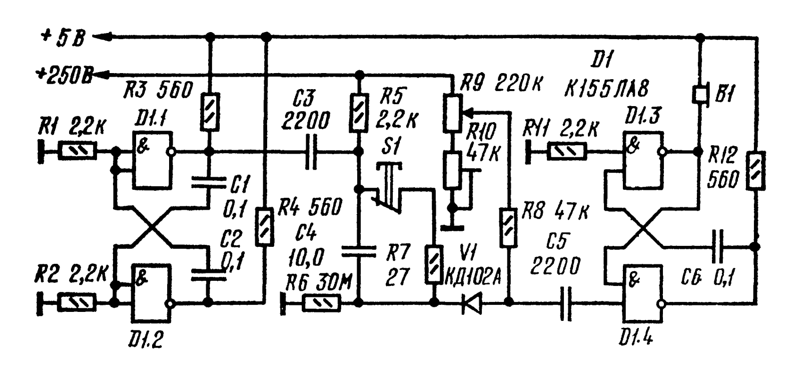


Рис. 7. Принципиальная схема таймера

Работа электронного ключа основана на открывании диода *V1* в момент превышения напряжения на его аноде по отношению к катоду. При нажатии на кнопку *S1* конденсатор *C4* быстро разряжается через резистор *R7*. Напряжение на верхнем по схеме выводе резистора *R6* максимально (около 250 В). При размыкании контактов *S1* конденсатор начинает заряжаться через элементы *R5* и *R6*. При этом напряжение на резисторе *R6* уменьшается по экспоненциальному закону. Как только оно достигнет порогового уровня, который определяется делителем *R9R10*, диод *V1* открывается, и короткие отрицательные импульсы с дифференцирующей цепочки *C3R5* через него поступают на ждущий мультивибратор, который генерирует импульсы звуковой частоты.

При использовании элементов, указанных на принципиальной схеме, время выдержки может достигать 20—30 мин.

В электронном ключе желательно применять конденсатор *C4* МБГО на рабочее напряжение не менее 350 В или любой другой, но с малым током утечки. Диод *V1* должен выдерживать обратное напряжение, большее 250 В, и иметь малый обратный ток. Резистор *R9* — регулятор выдержек должен иметь экспоненциальную зависимость сопротивления от угла поворота движка. В этом случае шкала выдержек будет линейной.

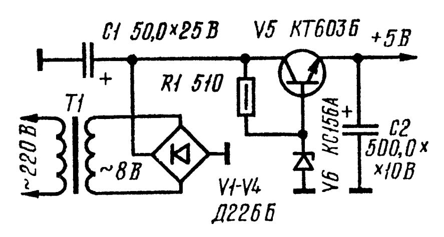


Рис. 8. Принципиальная схема блока питания

В процессе налаживания электронного ключа подстроечным резистором *R10* устанавливают требуемую максимальную выдержку, а затем градуируют шкалу.

На рис. 8 приведена принципиальная схема источника питания, который подойдет для большинства устройств. приведенных в статье.

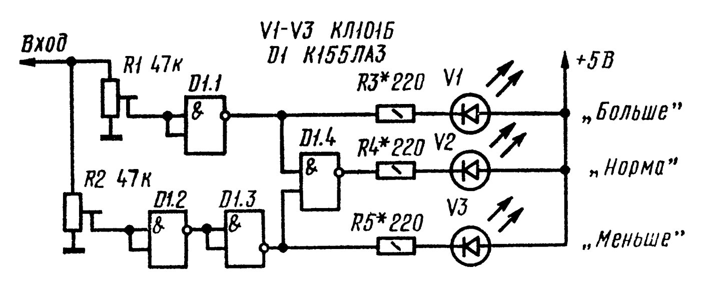


Рис. 9. Принципиальная схема индикатора напряжений

К выходу блока питания можно подключить индикатор, сигнализирующий о значении выходного напряжения: находится ли оно в интервале 4,75—5,25 В или нет. Схема индикатора изображена на рис. 9.

Индикатор состоит из двух каналов: на элементе *D1.1* первый, на *D1.2, D1.3* — второй. Первый канал настроен так, что при входном напряжении больше 5,25 В на элемент *D1.1* с резистора *R1* поступает уровень логической 1. При этом на выходе *D1.1* будет логический 0, и светодиод *V1* засветится. Во втором канале на выходе элемента *D1.3* будет логический 0 (включен светодиод *V3*) при входном напряжении меньше 4,75 В. Если же на выходе элементов *D1.1* и *D1.3* — логическая 1 (на-

пряжение питания лежит в заданных пределах), то на выходе *D1.4* — логический 0, и светится диод *V2*.

Налаживание индикатора очевидно. Подав напряжение 5,25 В, подстроечным резистором *R1* добиваются свечения диода *V1*. Уменьшив входное напряжение до 4,75 В и регулируя сопротивление подстроечного резистора *R2*, обеспечивают свечение светодиода *V3*.

Описанный индикатор при соответствующей настройке можно использовать и в качестве пробника для определения состояния логических элементов.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ НА ИМС МОП-СТРУКТУРЫ

С. Горшков

Микросхемы (ИМС) МОП-структуры отличает от других малая мощность, потребляемая от источника питания. Это-то и привлекает в них создателей электронных часов.

В часах, выполненных на ИМС МОП-структуры, основными потребителями мощности являются индикаторы, сами же микросхемы потребляют единицы или даже доли милливатт. В такие часы целесообразно ввести автономный источник питания (например, батарею «Крона» или аккумулятор), автоматически включающийся при пропадании напряжения в электросети, что обеспечивает безперебойную работу часов. Напряжение с автономного источника следует подавать только на микросхемы, т. е. индикаторы во время отсутствия напряжения в сети будут гаснуть.

Ниже рассмотрены узлы электронных часов на ИМС серии К561. Микросхемы данной серии кроме микроваттной потребляемой мощности отличаются способностью работать в широком интервале изменения питающего напряжения (от 3 до 15 В), что снижает требования к источнику питания и позволяет значительно его упростить.

Обычные электронные часы состоят из следующих узлов: кварцевого генератора с делителем частоты, счетчиков времени, узла индикации, будильника и блока питания. В простых конструкциях счетчики времени включают в себя счетчики минут и часов. Делитель частоты в этом случае делит частоту кварцевого генератора до

1/60 Гц. В более сложных конструкциях в счетчики времени могут также входить счетчики секунд и дней. При наличии счетчика секунд делитель частоты должен делить частоту кварцевого генератора до 1 Гц.

Схема кварцевого генератора с делителем частоты до 1 Гц приведена на рис. 1. Генератор собран на элементах *D1.1* и *D1.2*. Он вырабатывает колебания частотой 1024 кГц. Конденсаторами *C2* и *C3* точно устанавливают частоту генератора. Делитель частоты выполнен на основе двоичных счетчиков *D2, D3*, обеспечивающих коэффициенты деления частоты, кратные 2, и счетчиков-делителей на 8 *D4—D6*, которые за счет подачи сигналов с выхода *«5»* на входы *R* имеют коэффициенты деления частоты, равные 5.

С вывода *11* микросхемы *D3.2* снимается сигнал частотой 1 Гц, а с вывода *13* — частотой 1/4 Гц, который может использоваться для дальнейшего деления частоты до 1/60 Гц.

Кнопками *S1* и *S2* можно увеличить частоту выходного сигнала в 3200 и 100 раз соответственно. Это необходимо для быстрого набора значений часов и минут при начальной установке времени или при проверке правильности работы часов.

На выходе элемента *D1.4* формируется сигнал будильника с частотой 1 кГц, промодулированный частотой 10 Гц. Он напоминает звук механического будильника и приятен на слух.

Для получения сигнала с частотой 1/60 Гц к делителю частоты, изображенному на рис. 1, должен быть добавлен делитель, схема которого приведена на рис. 2. Этот делитель выполнен на основе двоичного счетчика *D1*, в котором за счет подачи выходных сигналов через элементы *D2, D3* на вход *R* обеспечен коэффициент деления 15.

Двоичный счетчик *D3.2* в делителе частоты до 1 Гц (рис. 1) и делитель частоты на 15 (рис. 2) имеют входы установки нуля, на которые подается сигнал с кнопки установки нуля счетчиков секунд и минут. Это необходимо для того, чтобы при корректировке часов по сигналам проверки времени, передаваемым по радиовещательным станциям, первый минутный импульс (1/60 Гц) на выходе делителя частоты на 15 появился ровно через 60 с после отпускания кнопки.

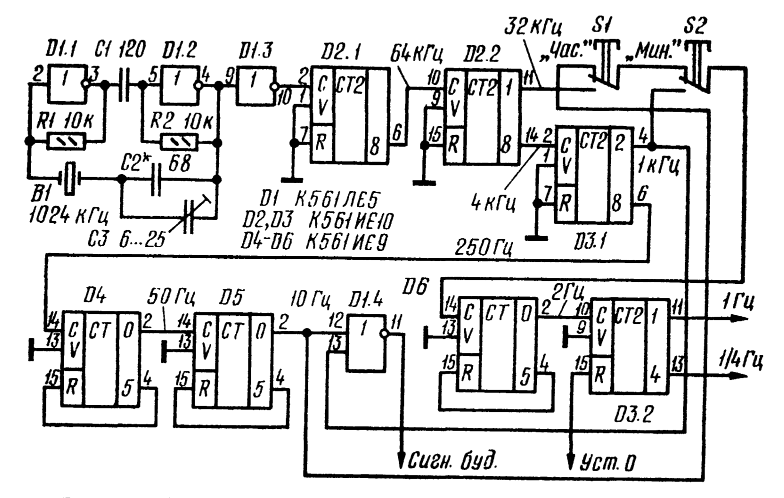


Рис. 1. Принципиальная схема кварцевого генератора с делителем до 1 Гц

Счетчики времени — десятичные. По сравнению с двоичными десятичные счетчики позволяют упростить узел индикации и обеспечить установку времени будильника при помощи галетных переключателей.

Схема счетчика секунд (аналогична схеме счетчика минут) приведена на рис. 3. Счетчик построен на основе счетчиков-делителей на 8 *D3—D5*. Работает он так. Входные импульсы с делителя частоты (или со счетчика секунд) поступают через элемент *D1.1* на входы синхронизации микросхем *D3, D4*. В начальный момент, после установки счетчиков-делителей *D3—D5* кнопкой *S1* в нулевые состояния, на выходе *5* микросхемы *D3* — логический 0, который поступает на разрешающий вход *V* микросхемы *D3* и через инвертор *D1.2* — на разрешающий вход *V* микросхемы *D4*. В результате у микросхемы *D3* вход синхронизации *C* открыт, а у *D4* закрыт. При поступлении первых четырех импульсов начинает работать счетчик-делитель *D3* и на его выходах *0—4* поочередно появляются единичные сигналы. С приходом пятого импульса на выходе *5* микросхемы *D3* появляется единичный сигнал, который закрывает вход синхронизации *C* у микросхемы *D3* и открывает у *D4*. В результате начинает работать счетчик-делитель *D4* и при поступле-

нии следующих пяти входных импульсов на его выходах *1—5* поочередно появляются единичные сигналы. С приходом десятого импульса появляется единичный сигнал на выходе *6* микросхемы *D4*, который поступает через элементы *D1.3* и *D1.4* на входы *R* микросхем *D3*, *D4* и устанавливает их в нулевые состояния. Далее процесс счета единиц секунд (минут) повторяется. Счет десятков секунд (минут) осуществляется счетчиком-делителем *D5*, на вход синхронизации *C* которого поступают импульсы с выхода переноса *P* микросхемы *D3*. За счет подачи сигнала с выхода *6* через элементы *D2.1* и *D2.2* на вход *R* коэффициент пересчета счетчика-делителя *D5* равен 6. Выходной сигнал на счетчик минут (часов) снимается с выхода переноса *P* микросхемы *D5*.

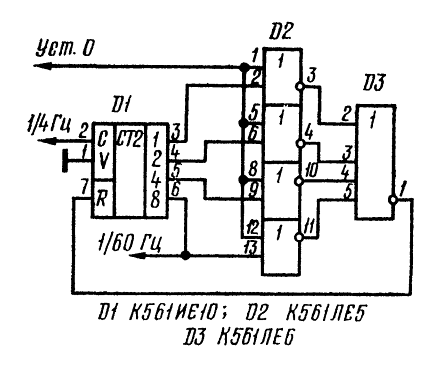


Рис. 2. Принципиальная схема делителя частоты до 1/60 Гц

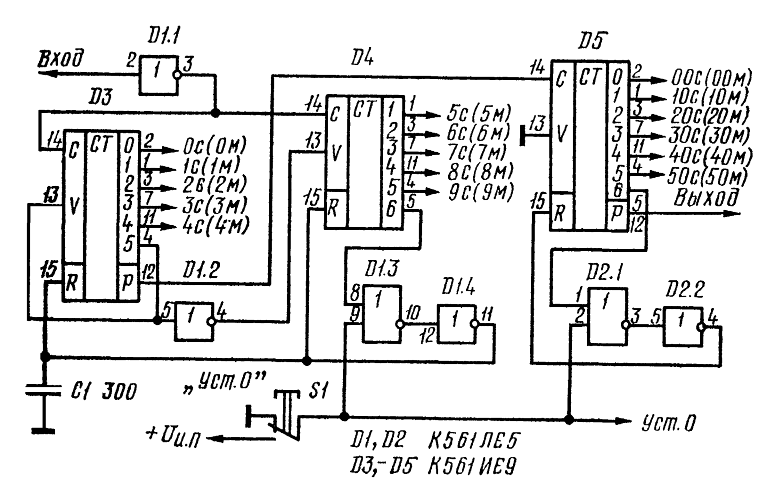


Рис. 3. Принципиальная схема счетчика секунд

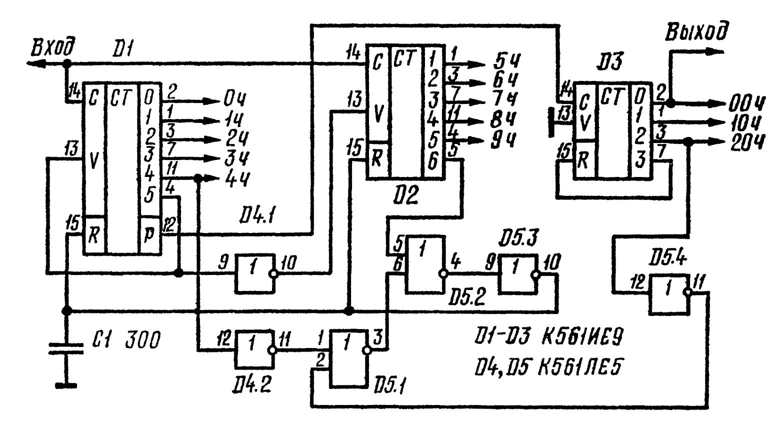


Рис. 4. Принципиальная схема счетчика часов

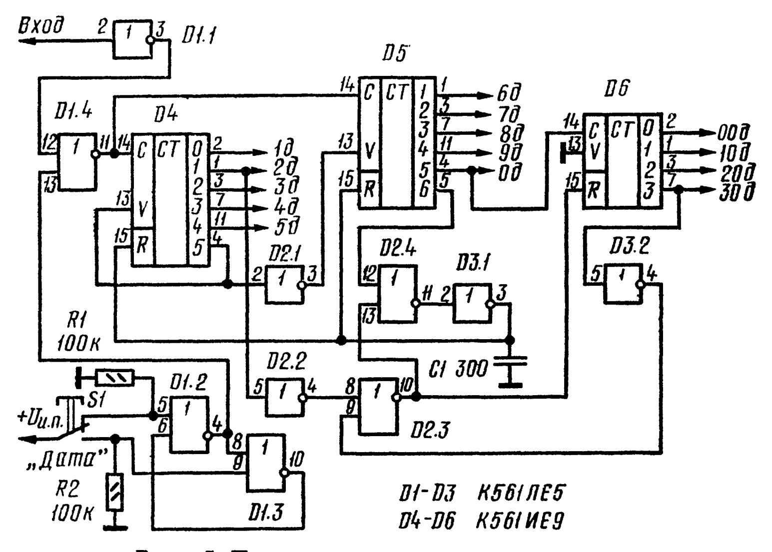


Рис. 5. Принципиальная схема счетчика дней

Схема счетчика часов приведена на рис. 4. Он отличается от счетчика секунд (минут) тем, что имеет общий коэффициент пересчета, равный 24. Достигнуто это за счет введения элементов *D4.2, D5.1* и *D5.4*, образующих узел совпадений, на входы которого поступают сигналы 4 ч и 20 ч, а выход подключен через элементы *D5.2* и *D5.3* ко входам *R* микросхем *D1* и *D2*. В результате, с приходом 24-го входного импульса, счетчики-делители *D1* и *D2* устанавливаются в нулевые состояния. При этом на входе переноса *P* микросхемы *D1* вырабатывается импульс, переключающий счетчик-делитель *D3*, имеющий коэффициент пересчета, равный 3, также в нулевое состояние.

Схема счетчика дней (суток) приведена на рис. 5. Он отличается от счетчика часов тем, что он имеет коэффициент пересчета, равный 31, что достигнуто за счет подачи на входы узла совпадения (элементы *D2.2, D2.3, D3.2*) сигналов «2 дня» и «30 дней», устанавливающих счетчики-делители *D4—D6* в нулевые состояния. Причем поскольку счет даты начинается не с 0, а с 1, нулевым состояниям счетчиков-делителей *D4—D6* соответствуют единичные сигналы «1 день» и «00 дней», т. е., по сравнению со счетчиком часов, в счетчике дней нумерация выводов единиц дней сдвинута на единицу. Кроме того, счетчик дней имеет генератор одиночных импульсов (кнопка *S1* и элементы *R1, R2, D1.2, D1.3*), при помощи которого осуществляется начальная установка даты, а также корректировка даты при числе дней в месяце, меньшем 31.

Схема индикации одной декады на газоразрядном индикаторе приведена на рис. 6. Устройство состоит из высоковольтных транзисторов (транзисторные сборки *A1—A3*), коллекторы которых подключены к катодам индикатора *H1*, а базы — к выходам одной из декад счетчика времени. При поступлении единичного сигнала на базу одного из транзисторов происходит его открывание, что вызывает свечение катода индикатора, подключенного к данному транзистору. Схема индикации, приведенная на рис. 6, может использоваться для индикации декад единиц секунд, минут, часов и дней. Для индикации декад десятков секунд, минут, часов и дней применяются аналогичные схемы, но с меньшим числом транзисторов, так как декады десятков не полные.

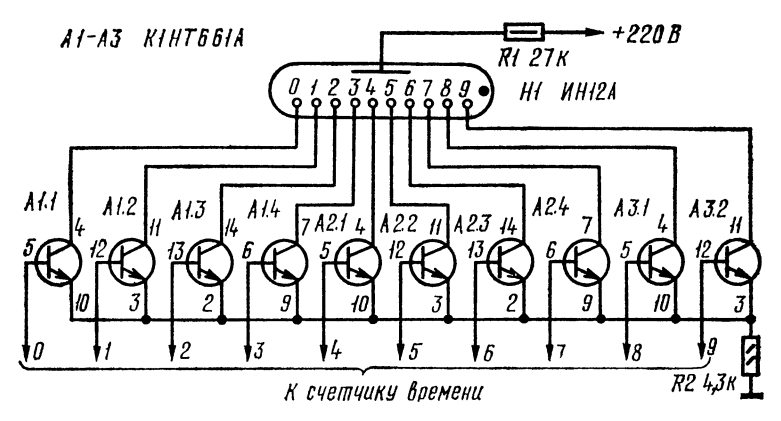


Рис. 6. Принципиальная схема индикатора декады на газоразрядной лампе

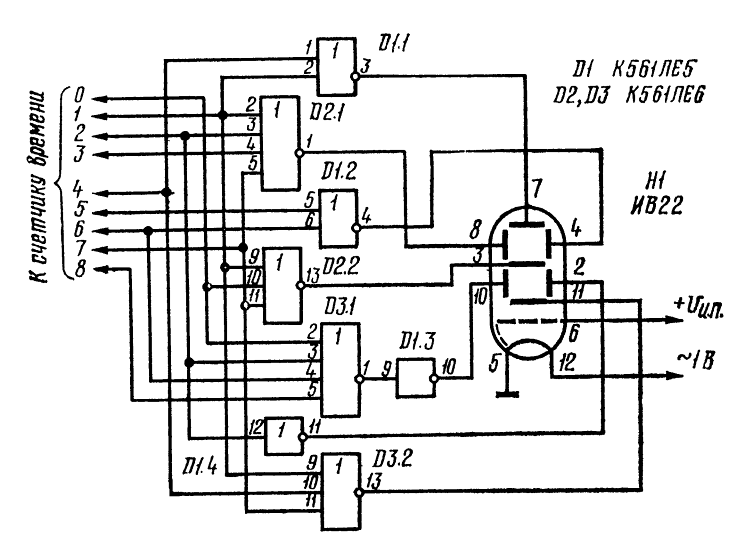


Рис. 7. Принципиальная схема индикатора декады на люминесцентном индикаторе

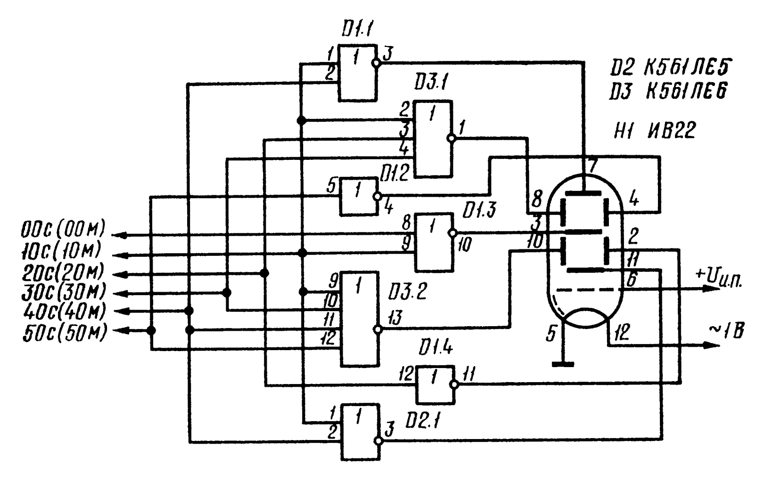


Рис. 8. Принципиальная схема индикатора десятков секунд

При использовании люминесцентных семисегментных индикаторов необходим преобразователь десятичного кода в код индикатора. Поскольку в семисегментных индикаторах каждая цифра образуется путем зажигания (или гашения) определенной комбинации сегментов, такой преобразователь строится на основе схем объединения. На рис. 7 приведена схема индикации на люминесцентном индикаторе одной декады, используемая для индикации единиц секунд, минут, часов и дней. Узел состоит из преобразователя десятичного кода в код индикатора, выполненного на элементах «ИЛИ-НЕ» *(D1—D3)*, на входы которых поступает десятичный код с одной из декад счетчика времени, а выходы подключены непосредственно к анодам индикатора. Схема индикации десятков секунд (минут) приведена на рис. 8, а десятков часов (дней) — на рис. 9. Они отличаются более простыми схемами дешифраторов.

На рис. 10 приведена схема будильника. Он включает в себя переключатели *S1—S4*, при помощи которых устанавливается время будильника, узла сравнения и звукового узла. На переключатели подаются сигналы со счетчиков минут и часов, а общие ламели переключателей подключены ко входам *K1* микросхемы *D1*, представляющей собой схему сравнения кодов, на входы *K2* которой

подаются единичные сигналы ($+U_{пит}$), а на вход «$E=$» — сигнал будильника, формируемый делителем частоты (рис. 1). При совпадении значений минут и часов,

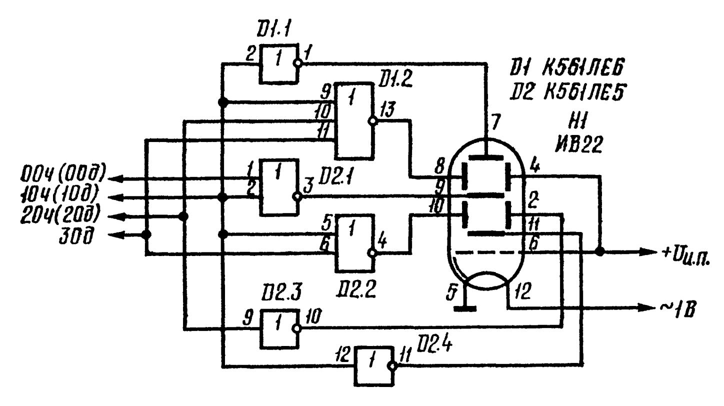


Рис. 9. Принципиальная схема индикатора десятков часов

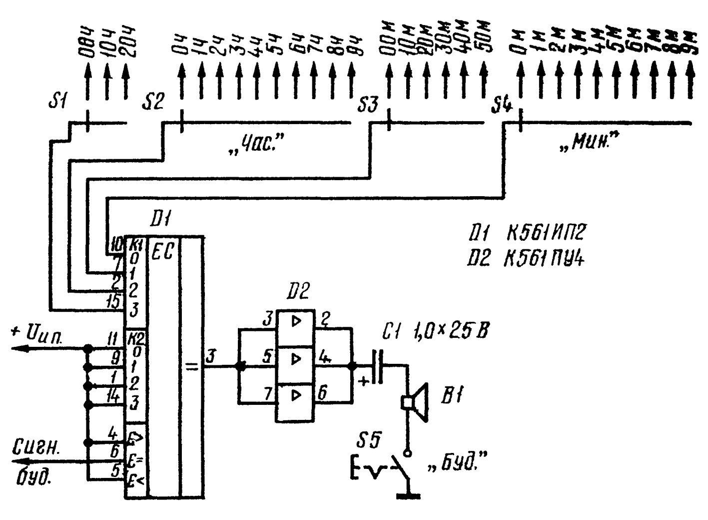


Рис. 10. Принципиальная схема будильника

выдаваемых счетчиками времени и установленных переключателями *S1—S4*, на входы *K1* микросхемы *D1* поступят единичные сигналы, в результате чего на выходе «=» микросхемы *D1* появится сигнал будильника, который через буферные усилители *D2* и конденсатор *C1* подается на динамическую головку *B1* от карманного радиоприемника. Включают и выключают будильник кнопочным выключателем *S5*. Дискретность установки времени будильника переключателя *S1—S4 — 1* мин. Если достаточна дискретность, равная 10 мин, то из будильника можно исключить переключатель *S4*. При этом на вход *0 (K1)* микросхемы *D1* необходимо подать сигнал «0 мин» со счетчика минут, чтобы время звучания будильника не превышало 1 мин.

На основе рассмотренных узлов были созданы электронные часы в двух вариантах. В первом варианте применены газоразрядные индикаторы ИН12А, индицирующие значения минут и часов. Данные часы включают в себя кварцевый генератор с делителем частоты до 1/60 Гц (см. рис. 1, 2), счетчики минут (рис. 3) и часов (рис. 4), четыре узла индикации (рис. 6) и будильник (рис. 10). Схема блока питания для этих часов приведена на рис. 11. Он выдает стабилизированное напряжение +10 В ($+U_{пит}$) для питания микросхем и +220 В для питания индикаторов. В качестве автономного источника питания G1 использована батарея «Крона» напряжением 9 В, подключенная к шине $+U_{пит}$ через диод *V7*. При наличии напряжения в сети диод *V7* будет закрыт, так как на катоде диода потенциал выше, чем на аноде, и батарея *G1* практически не будет разряжаться. При пропадании напряжения в сети диод *V7* открывается, и

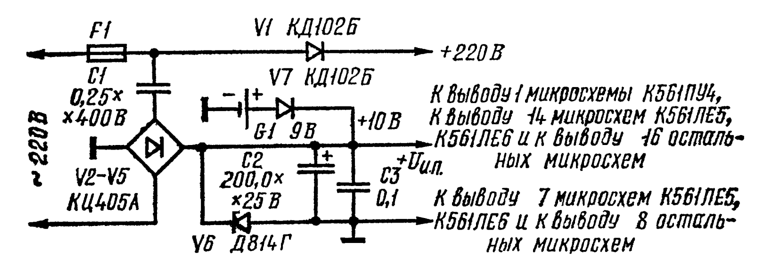


Рис. 11. Принципиальная схема блока питания для часов с газоразрядными индикаторами

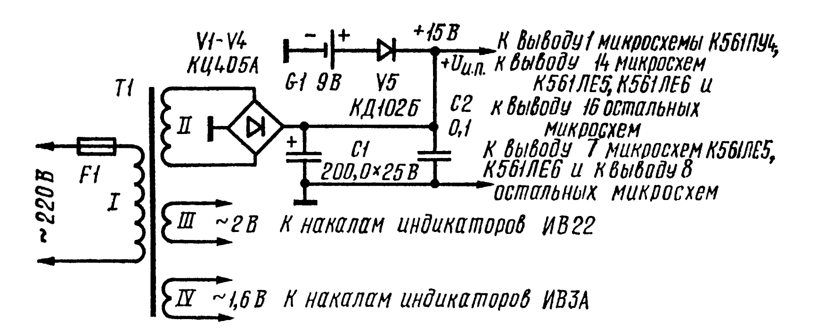


Рис. 12. Принципиальная схема блока питания для часов с люминесцентными индикаторами

микросхемы будут питаться от батареи *G1*. При этом поскольку будет отсутствовать напряжение +220 В, индикаторы светиться не будут. Данные часы содержат 20 микросхем серии К561 и 7 микросхем К1НТ661А (в десятках часов цифра 0 не высвечивается).

Монтаж выполнен на двух платах размерами 140 × × 50 мм. При конструировании этих часов необходимо изолировать общую шину питания от корпуса, так как в них применен бестрансформаторный блок питания.

Во втором варианте часов использованы люминесцентные семисегментные индикаторы, индицирующие значения секунд, минут, часов и даты, причем для индикации минут и часов применены индикаторы ИВ22, имеющие размеры цифр 18 × 12 мм, а для индикации секунд и даты — индикаторы ИВ3А с размерами цифр 8,6 × 4,5 мм. Данные часы включают в себя кварцевый генератор с делителем частоты до 1 Гц (рис. 1), счетчики секунд, минут (рис. 3), часов (рис. 4) и дней (рис. 5), 8 узлов индикации (рис. 7—9) и будильник (рис. 10).

Блок питания для этих часов собран по схеме, приведенной на рис. 12. Он выдает напряжение +15 В ($+U_{пит}$) для питания микросхем и индикаторов и напряжения ~ 2 В и ~ 1,6 В для питания нитей накала индикаторов (нити накала у индикаторов соединяются попарно последовательно). Следует отметить, что индикаторы ИВ22 и ИВ3А рассчитаны на напряжения на анодах и сетках, равные 27 В для ИВ22 и 20 В для ИВ3А. Однако, как показал опыт, они имеют достаточно яркое свечение и при напряжении питания, равном 15 В.

При пропадании напряжения питания в сети включается автономный источник питания *G1* (батарея «Крона ВЦ»), обеспечивающий питание микросхем. Так как напряжения ~2 и ~1,6 В для накала в этом случае будут отсутствовать, индикаторы погаснут. Данные часы содержат 48 микросхем серии К561. Монтаж выполнен на двух платах размерами 160 × 50 мм.

На основе рассмотренных узлов могут быть также построены шахматные часы. Они должны включать в себя кварцевый генератор с делителем частоты до 1 Гц, счетчики секунд и минут для каждого из шахматистов и узлы индикации секунд и минут, узел управления счетчиками времени, узел установки времени игры, сигнализации об окончании игры и блок питания.

Узлы индикации могут быть выполнены как на газоразрядных индикаторах (рис. 6), так и на люминесцентных (рис. 7, 8). Однако предпочтительнее люминесцентные индикаторы ИВЗА или ИВ6. В зависимости от выбора индикаторов должен быть применен один из блоков питания, схемы которых приведены на рис. 11 и 12.

Узел управления счетчиками времени приведен на рис. 13. Он включает в себя триггер с тремя устойчивыми состояниями *(D1.1, D1.2, D2)*, который управляется кнопками *S1—S3*. При нажатии кнопки *S1* (*«Левые часы»*) появляется единичный сигнал на выходе элемента *D2*, при нажатии кнопки *S2* (*«Правые часы»*) — на выходе элемента *D1.2*; при нажатии кнопки *S3* (*«Стоп»*) на выходе элементов *D1.2* и *D2* будут нулевые сигналы. Сигналы с выходов *D1.2* и *D2* через инверторы *D3.1* и *D3.2* подают на выводы *1* микросхем *D1.1* счетчиков секунд левого и правого игроков (рис. 3). Элементы *D1.1* в счетчике секунд пропускают импульсы с делителя частоты только при наличии нулевого сигнала на выводе *1*. Поэтому при нажатии кнопки *S1* (*«Левые часы»*) будут работать часы левого игрока, при нажатии кнопки *S2* (*«Правые часы»*) — часы правого игрока, а кнопки *S3* (*«Стоп»*) часы левого и правого игроков будут остановлены, что необходимо, например, при перерывах в игре.

На элементах *D4.1—D4.4* (рис. 13) собран узел индикации работающих часов. На входы этого узла подаются сигналы с частотой 10 Гц с делителя (на вывод *1* элемента *D4.1* и вывод *5* элемента *D4.2*) и сигналы управ-

К выв. 2 микросхемы D5 делителя частоты (рис. 1)

D1.1 D1.2 D2 D3.1 D3.2 D4.1 D4.2 D4.3 D4.4

S1 „Левые часы" R1 100к

S2 „Правые часы" R2 100к

S3 „Стоп" R3 100к

$+U_{и.п.}$

К сеткам индикаторов часов правого игрока

К сеткам индикаторов часов левого игрока

К выводу 1 D1.1 счетчика секунд правого игрока

К выводу 1 D1.1 счетчика секунд левого игрока

D1, D2 К561ЛЕ6

D3, D4 К561ЛЕ5

Рис. 13. Принципиальная схема узла управления счетчиками времени

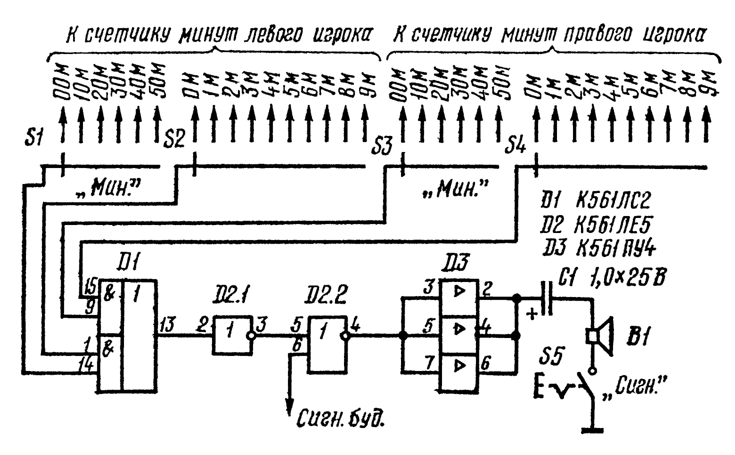


Рис. 14. Принципиальная схема узла установки времени игры и сигнализации

ления счетчиками времени левого и правого игроков (на вывод *2* элемента *D4.1* и вывод *6* элемента *D4.2*). При работе левых часов сигнал с частотой 10 Гц проходит на выход элемента *D4.4,* а правых — на выход элемента *D4.3.* Так как эти выходы подключены к сеткам индикаторов левых и правых часов, в индикаторах работающих часов будут мерцающие цифры.

Узел установки времени игры и сигнализации об окончании приведен на рис. 14. Установка времени для левого игрока производится переключателями *S1* и *S2,* а для правого — переключателями *S3* и *S4.* Если время игры для обоих игроков одинаково, то переключатели *S1, S3* и *S2, S4* могут быть сдвоенными. На переключатели *S1* и *S2* подаются сигналы со счетчиков минут левого игрока, а на *S3, S4* — со счетчика минут правого игрока. Общие ламели переключателей *S1—S4* подключены ко входам микросхемы 2И-2ИЛИ *(D1),* на выходе которой появляется единичный сигнал при совпадении значений минут, выдаваемых счетчиками минут, и значений минут, установленных переключателями в каких-либо из часов. Этот сигнал разрешает прохождение сигнала будильника, формируемого делителем частоты через элемент *D2.2.* Далее сигнал будильника усиливается буферными усилителями *D3* и через конденсатор *C1* подается на динамическую головку *B1.* При помощи выключателя *S5* можно отключить звуковую сигнализацию.

Шахматные часы содержат 51 микросхему серии К561. В часах использованы резисторы МЛТ, конденсаторы КМ, К50-6, МБГО, кварцевый резонатор *B1* на 1024 кГц. Трансформатор *T1* в блоке питания (см. рис. 12) выполнен на магнитопроводе Ш12 × 17. Обмотка *I* содержит 6050 витков ПЭВ-2 0,08, *II* — 460 витков ПЭВ-2 0,22, *III* — 80 витков ПЭВ-2 0,33, *IV* — 47 витков ПЭВ-2 0,27.

Микросхемы серии К561 можно заменить на микросхемы серии 564. Динамическая головка *B1* может быть от любого карманного радиоприемника. Вместо индикаторов ИН12А могут быть использованы любые газоразрядные цифровые индикаторы типа ИН. В качестве люминесцентных индикаторов могут быть применены индикаторы ИВ3, ИВ3А, ИВ6, ИВ8, ИВ11, ИВ12, ИВ22.

ББК 32.884.19
В80

Рецензент С. П. Балешенко

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 74
В80 /Сост. А. И. Гусев.— М.: ДОСААФ, 1981.—
80 с., ил.
35 к.

Приведены принципиальные схемы и описания конструкций радиотехнических устройств различной степени сложности.
Для широкого круга радиолюбителей и специалистов.

В $\frac{30402-087}{072(02)-81}$ 84—81 2402020000 ББК 32.884.19
24.2.2

СОДЕРЖАНИЕ

Спортивная аппаратура

Звукоусиление

Цифровая техника

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 74

Составитель Александр Иванович Гусев

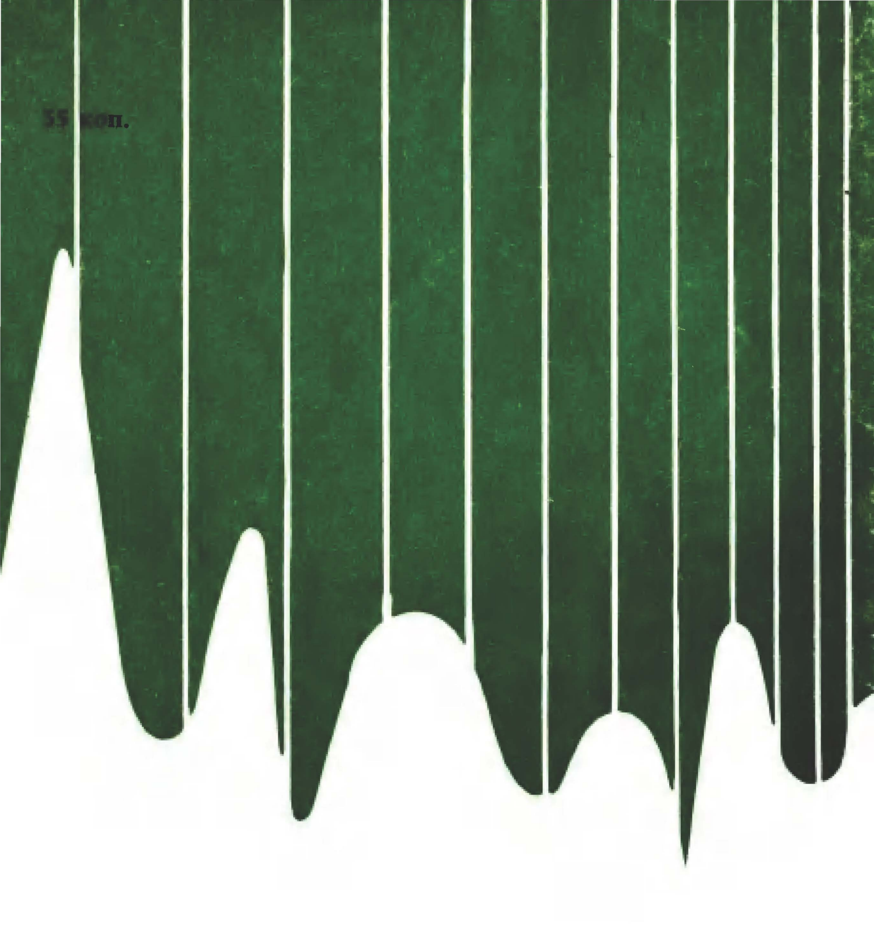
Редактор *М. Е. Орехова*
Художник *В. А. Клочков*
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Технический редактор *С. А. Бирюкова*
Корректор *В. Д. Синёва*

ИБ № 1024

Сдано в набор 01.02.81. Подписано в печать 23.07.81. Г-44775. Формат 84×108 1/32. Бумага типогр. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 4,20. Уч.-изд. л. 4,21. Тираж 600 000 экз. (II завод: 100 001—400 000 экз). Зак. № 1—409. Цена 35 к. Изд. № 2/г.-30.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР
129110, г. Москва, И-110, Олимпийский пр., д. 22.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Поліграфкнига», 252057, Киев, ул. Довженко, 3.



В помощь радиолюбителю